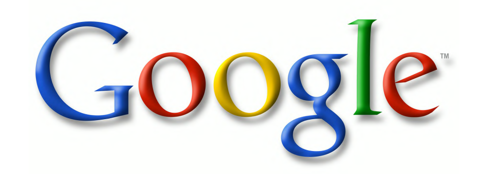


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

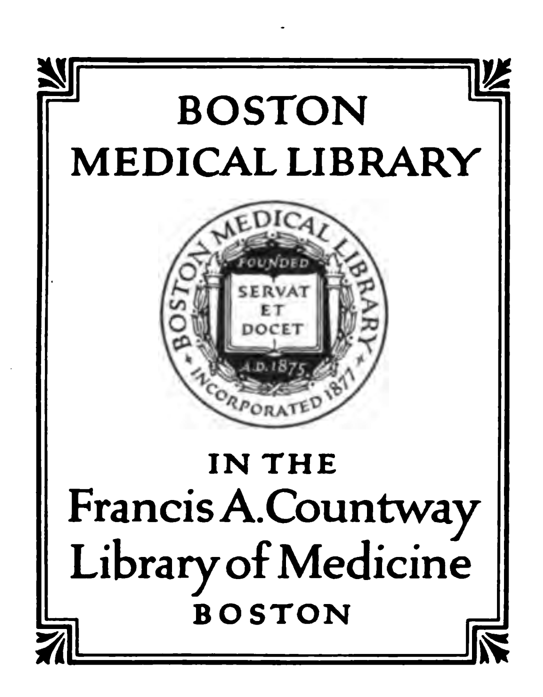
Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

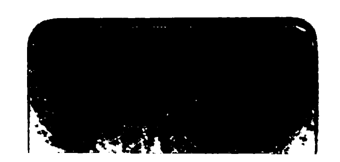
Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.


BOSTON
MEDICAL LIBRARY
BOSTON MEDICAL LIBRARY
FOUNDED
SERVAT
ET
DOCET
A.D. 1875
INCORPORATED 1877
IN THE
Francis A. Countway
Library of Medicine
BOSTON



ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. F. W. PFLÜGER,

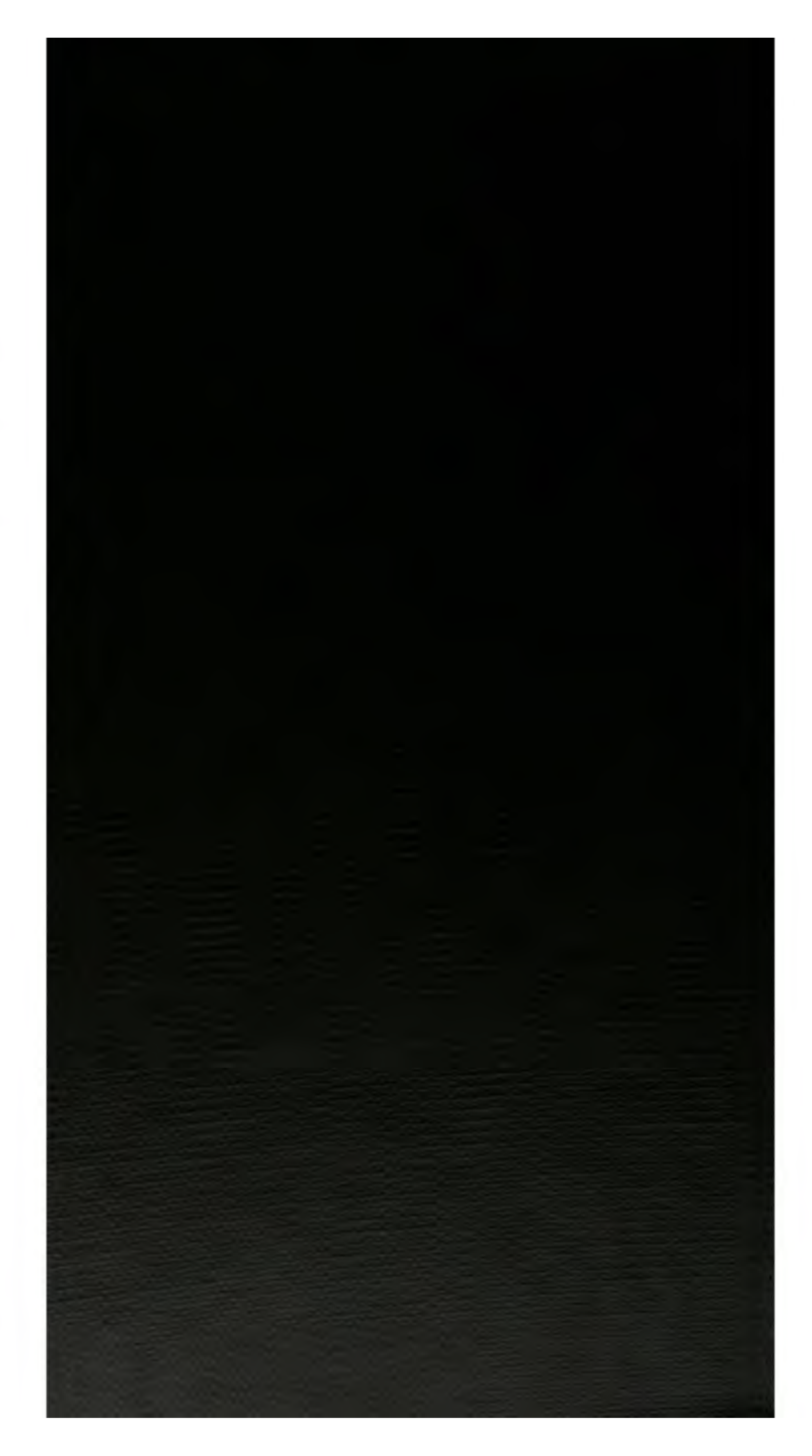
ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT
UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

EINUNDSECHSZIGSTER BAND.

MIT 9 TAFELN UND 71 HOLZSCHNITTEN.

37/2002.50
16.61

BONN, 1895.
VERLAG VON EMIL STRAUSS.



CUSTOMER
HML
BINDERY NO.
1356
CUST. NO. 250 | ITEM NO. 5 | NO. VOLS. 1 | BOOK | NEW X | MAKE RUB.
LETTERING
ARCHIV FÜR DIE GESAMMTE
PHYSIOLOGIE/
61/
1895
PLEASE CHECK
Color 2075
Bind as is
Do not trim
COVERS out
COVERS in
ADS out
ADS in
Editorials and Feature articles Out In
INDEX front back
Do not trim
Recase in and cover
Follow pattern
Hand sew
Watch trim
SPECIAL INSTRUCTIONS
rebind
J. S. WESBY & SONS, INC.

Seite

1

32

39

77

Ueber das angebliche Hören labyrinthloser Tauben. Von J. Bernstein in Halle a. S. (Nach Versuchen, welche gemeinsam mit Herrn Dr. Fr. Matte angestellt sind.) 113

Ueber den Farbenwechsel des Chamaeleons und einiger anderer Reptilien. Von Robert Keller. (Aus dem physiologischen Institut zu Jena.) Hierzu Tafel IV und 4 Textfiguren 123

October 17, 1895.

Tr. Co[illegible].

* 3760a.50

CUSTOMER
HML
CUST. NO.
250
LETTERING
ARCH
PHYS
61
189

Inhalt.

Seite

ites und drittes Heft.

geben am 24. Juni.

Vocalklängen. Von E. Sauber-
rzt aus Lorch. Mit 2 Textfiguren.
schen Institut in Tübingen.) . . 1

ogens. Von Dr. Huizinga. (Aus
Laboratorium zu Groningen.) . 32

Lungenvagus. Von Dr. Heinr.
ten und Privatdozenten. (Hierzu
(Aus dem physiologischen Institut
. . . . 39

über den Einfluss der Spannung
rlauf. Von Dr. Fr. Schenck.
(Aus dem physiologischen In-
. . . . 77

ndheit der Zapfen-Sehzellen. Von
Professor an der deutschen Uni-
. . . . 106

Ueber das angebliche Hören labyrinthloser Tauben. Von J. Bernstein in Halle a. S. (Nach Versuchen, welche gemeinsam mit Herrn Dr. Fr. Matte angestellt sind.) 113

Ueber den Farbenwechsel des Chamaeleons und einiger anderer Reptilien. Von Robert Keller. (Aus dem physiologischen Institut zu Jena.) Hierzu Tafel IV und 4 Textfiguren 123

Seite

Viertes und fünftes Heft.

Ausgegeben am 8. Juli.

Weitere Untersuchungen über das Wesen der Vocale. (Unter Mitwirkung des Herrn H. Hirschfeld.) Von L. Hermann. (Hierzu Tafel V und VI.) (Aus dem physiologischen Institut zu Königsberg in Pr.) . . . 169

Beiträge zur Physiologie des inneren Ohres. Von Dr. med. H. Strehl. (Enthält zugleich Beobachtungen von L. Hermann, Fr. Matthias, M. Podack, P. Junius.) (Aus dem physiologischen Institut zu Königsberg i. Pr.) 205

Kymorheonomische Untersuchungen. Von Prof. B. Danilewsky (Charkow). Mit 7 Textfiguren. 235

Ueber die blutbildende Eigenschaft der Milz und des Knochenmarks. Von Prof. B. Danilewsky (Charkow). Nach Versuchen von M. Selensky. 264

Ueber reciproke und irreciproke Reizleitung, mit besonderer Beziehung auf das Herz. Von Th. W. Engelmann in Utrecht. 275

Sechstes Heft.

Ausgegeben am 5. August.

Das Beugungsspektrum des quergestreiften Muskels bei der Contraktion. Von J. Bernstein. Hierzu Tafel VII und 1 Textfigur 285

Untersuchungen am überlebenden Säugethierherzen. Von O. Langendorff. (Hierzu Tafel VIII und IX und 19 Figuren im Text. (Aus dem physiologischen Institut in Rostock.) 291

Die Reaktion des Herzmuskels auf Dauerreize. Von O. Langendorff. (Aus dem physiologischen Institut in Rostock.) 333

Seite

Zur Frage der Hörfähigkeit labyrinthloser Tauben. Von W. Wundt. 339

Die quantitative Bestimmung von Fett in thierischen Organen. Vorläufige Mittheilung von Dr. phil. C. Dormeyer. (Aus dem physiologischen Institute in Bonn.) 341

Lässt sich durch mechanische Auslese des Fettes Fleisch von bestimmtem Nährwerth gewinnen? Von Dr. Heinrich Steil. (Aus dem physiologischen Laboratorium in Bonn.) 343

Siebentes und achtes Heft.

Ausgegeben am 15. August.

Ueber Gewinnung, Eigenschaften und Wirkungen des Darmsaftes vom Schafe. Von Fritz Pregl, Assistenten am Institute. Mit 2 Abbildungen. (Aus dem physiologischen Institut der k. k. Universität in Graz.) . 359

Ueber die Singstimme der Kinder. Nach Untersuchungen an den Kieler städtischen Schulen von Dr. Ed. Paulsen in Kiel. 407

Ueber die electrischen Eigenschaften der Haare und Federn. Von Sigm. Exner, Professor d. Physiologie a. d. Universität in Wien. Mit 3 Textfiguren 427

Ueber die Schallperception der Fische. Von Dr. Alois Kreidl, Assistenten am physiologischen Institute der Universität Wien 450

Neuntes und zehntes Heft.

Ausgegeben am 21. September.

Der corticale Mechanismus der Reflexphänomene. Von Dr. K. Pándi (Budapest) 465

Seite

Beiträge zur Mechanik der Athmung. Von Dr. Fr. Schenck. Mit 7 Abbildungen. (Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.) 475

Untersuchungen über die Natur einiger Dauercontractionen des Muskels. Von Dr. Fr. Schenck. Mit 14 Abbildungen. (Aus dem physiologischen Institut in Würzburg.) 494

Kritische Bemerkungen zu Seegen's Abhandlung „Muskelarbeit und Glycogenverbrauch" Von Dr. Fr. Schenck. 535

Beweise gegen Wundt's Theorie von der Interferenz akustischer Erregungen im Centralorgan. Von Dr. Karl L. Schaefer in Rostock. 544

Elftes und zwölftes Heft.

Ausgegeben am 25. September.

Beitrag zur Physiologie des Blutzuckers. Von Prof. Dr. F. Tangl und A.-Prof. Dr. Vaughan Harley (London). (Aus dem physiol. Institute der k. ung. thierärztl. Akademie in Budapest.) 551

Zur Kenntniss der „Wärmecentren" beim Pferde. Vorläufige Mittheilung. Von Prof. Dr. F. Tangl. (Aus dem physiol. Institute d. k. ung. thierärztl. Akademie in Budapest.) 559

Untersuchungen über den Einfluss des vasomotorischen Nervensystems auf den Stoffwechsel. Von Prof. Dr. F. Tangl. (Aus dem physiol. Institute der k. ung. thierärztl. Akademie in Budapest.) 563

Ueber die Localisation der Athmung in der Zelle. Von Jacques Loeb und Irving Hardesty. (Aus dem physiologischen Laboratorium der University of Chicago.) 583

Seite

Blutbildung aus anorganischem Eisen. Mit experimenteller Beihülfe des Herrn B. Anselm ausgeführt und dargestellt von Prof. Kunkel in Würzburg. 595

Nachtrag zu den „Beiträgen zur Stoffwechsellehre“. Dies Archiv Bd. 58, S. 309. Von Immanuel Munk in Berlin. 607

Ueber das Vorkommen von Rhodankalium im Mundspeichel. Notiz von Immanuel Munk in Berlin. 620

Ueber den Nachweis von Urobilin im Harne. Von Dr. Adolf Jolles in Wien. (Aus dem chemisch-mikroskopischen Laboratorium von Dr. Max und Dr. Adolf Jolles in Wien.) 623

* 37

Inhalt.

Seite

Erstes, zweites und drittes Heft.

Ausgegeben am 24. Juni.

Interferenz-Versuche mit Vocalklängen. Von E. Sauberschwarz, approb. Arzt aus Lorch. Mit 2 Textfiguren. (Aus dem physiologischen Institut in Tübingen.) . . 1

Zur Darstelluug des Glycogens. Von Dr. Huizinga. (Aus dem physiologischen Laboratorium zu Groningen.) . 32

Untersuchungen über den Lungenvagus. Von Dr. Heinr. Boruttau, Assistenten und Privatdozenten. (Hierzu Tafel I, II und III.) (Aus dem physiologischen Institut in Göttingen.) 39

Weitere Untersuchungen über den Einfluss der Spannung auf den Zuckungsverlauf. Von Dr. Fr. Schenck. Mit 12 Abbildungen. (Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.) 77

Ueber angebliche Blaublindheit der Zapfen-Sehzellen. Von Ewald Hering, Professor an der deutschen Universität Prag 106

Ueber das angebliche Hören labyrinthloser Tauben. Von J. Bernstein in Halle a. S. (Nach Versuchen, welche gemeinsam mit Herrn Dr. Fr. Matte angestellt sind.) 113

Ueber den Farbenwechsel des Chamaeleons und einiger anderer Reptilien. Von Robert Keller. (Aus dem physiologischen Institut zu Jena.) Hierzu Tafel IV und 4 Textfiguren 123

Interferenz-Versuche mit Vocalklängen.

Von

E. Sauberschwarz,
approb. Arzt aus Lorch.

Mit 2 Textfiguren.

I. Geschichtliche Vorbemerkungen.

Die Untersuchungen über das Wesen der Vocale sind schon sehr alt. Aber ohne mich weiter auf ihre Geschichte, betreffs deren ich auf Grützner (Physiologie der Stimme und Sprache)[1]) verweise, einzulassen, führe ich nur an, dass schon Willis (1830) und Wheatstone (1837) eine befriedigende Theorie über die Vocalklänge aufgestellt haben, die aber längere Zeit in Vergessenheit gerieth.

Erst Donders[2]) nahm die Untersuchungen wieder von neuem auf und stellte für jeden Vocal, indem er ihn flüsterte, eine charakteristische Abstimmung der Mundhöhle auf einen bestimmten Ton fest. (Die nach dieser Methode gefundenen Tonhöhen werden später angeführt werden.)

Dann war es vor allem Helmholtz[3]), welcher die Theorie der Vocale von neuem wissenschaftlich ausgebildet und in seiner berühmten „Lehre von den Tonempfindungen" niedergelegt hat. Es gelang ihm vermittelst seiner Resonatoren die Vocalklänge in ihre einzelnen Theiltöne aufzulösen und sie andererseits aus einfachen Stimmgabeltönen von verschiedener Tiefe, Höhe und Stärke zusammenzusetzen.

---

1) Hermann, Handbuch d. Physiologie Bd. I, 2. S. 170 ff.

2) Donder's Archiv für die holländischen Beiträge zur Natur- und Heilkunde 1857.

3) Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen, Braunschweig 1877. S. 168.

Er kommt in seinen Tonempfindungen[1]) zu dem Resultat: „Die Vocalklänge unterscheiden sich von den Klängen der meisten anderen musikalischen Instrumente wesentlich dadurch, dass die Stärke ihrer Obertöne nicht von der Ordnungszahl derselben, sondern von deren absoluter Tonhöhe abhängt." Diese Tonhöhe ist nach ihm bedingt durch die Resonanz der Mundhöhle, die für jeden Vocal auf einen oder mehrere bestimmte Töne von immer der gleichen absoluten Höhe abgestimmt ist und immer dieselben für den Vocal charakteristischen Obertöne resonatorisch verstärkt. Daneben räumt er später, wohl auf Grund der Untersuchungen Auerbach's[2]), der Zahl und Art der Obertöne überhaupt, sowie ihrem gegenseitigen relativen Stärkeverhältniss unabhängig von ihrer absoluten Höhe, die also mit der Höhe des Vocals in gleichem Maasse steigen und fallen, eine wenn auch geringere Bedeutung ein. Er sagt[3]): „Die Vocalklänge unterscheiden sich von den Klängen der meisten andern musikalischen Instrumente also wesentlich dadurch, dass die Stärke ihrer Obertöne nicht nur von der Ordnungszahl derselben, sondern überwiegend von deren absoluter Tonhöhe abhängt".

Inwieweit diese beiden Momente zusammen, das sogenannte absolute und das relative, oder nur das erstere allein die Vocalklänge charakterisirt, darüber herrscht auch bis heutigen Tags noch keine volle Einigkeit.

Hauptsächlich war es nach Grassmann[4]) und anderen Auerbach[2]), der das relative Moment geradezu als gleichberechtigt dem absoluten gegenüberstellt, was Helmholtz nie gethan hat. Er analysirt im Anschlusse an Helmholtz die Vocale ebenfalls vermittelst der Resonatoren und kommt zu dem Schlusse, dass das absolute und das relative Moment zwei Factoren darstellen, aus deren Zusammenwirken erst der charakteristische Vocalklang als Produkt hervorgehe. Nach diesem Princip stellt er dann gegenüber den scheinbaren seine reduzirten charakteristischen Tonhöhen fest, die weiter unten werden zusammengestellt werden.

---

1) 3. Ausgabe 1870, S. 179.

2) Poggendorff, Annalen der Physik u. Chemie Ergzgsbd. VIII. 1878, S. 177.

3) 4. Ausgabe. 1877, S. 191.

4) Siehe Grützner, Physiol. d. Stimme u. Sprache S. 179, Anm.

Auerbach vertritt also eine gemischte, absolut-relative Theorie und hat sie erst jüngst wieder in seinen „Physikalischen Grundlagen der Phonetik“ [1]) vertheidigt und vollkommen aufrecht erhalten.

Immer noch sieht er seine subjektive Methode, die gewiss für sein geübtes Ohr Gutes leistet, für ebenso beweiskräftig an wie die besonders neuerdings ausgebildeten objektiven Methoden die immer mehr und mehr das relative Moment zu eliminiren drohen.

Die erste dieser objektiven Methoden dürfte wohl von König [2]) herrühren, der mit Hilfe seiner manometrischen Kapsel die Vocale in Flammenbildern veranschaulichte.

Dann stellten er und Scott, sowie Donders vermittelst des Phonautographen die Vocalklänge rein objektiv graphisch dar, indem sie die Schwingungen einer angesprochenen Membran auf einen sich drehenden Cylinder aufzeichneten. Nach demselben Princip arbeitete Schnebeli und namentlich Hensen [3]), der mit seinem „Sprachzeichner“ wohl das Vollkommenste in der unmittelbaren Aufzeichnung von Sprachklängen leistete. Die von diesem Apparat gelieferten, mikroskopisch kleinen, äusserst zierlichen und charakteristischen Vocalcurven dürften ja wohl allgemein bekannt sein. Mit Hensen's Apparat arbeitete ausser seinem Erfinder dann Wendeler [4]), Martens [5]) und vor allem in eingehender und sorgfältiger Weise Pipping [6]), der eine grosse Anzahl der verschiedensten Vocalcurven anfertigte und analysirte, d. h. sie nach dem Fourier'schen Prinzip in ihre einzelnen harmonischen Theiltöne zerlegte.

Ohne Zweifel geht mit dieser graphischen Methode die Erkenntniss des Wesens der Vocale einen gewaltigen Schritt weiter: an der Wahrheit einer immer wieder in der gleichen Weise gezeichneten Curve kann nicht gerüttelt werden, falls man eben

---

1) Zeitschrift f. franz. Sprache u. Literatur Bd. XVI, S. 117, woselbst auch die gesammte neuere Literatur sorgfältig zusammen gestellt ist.

2) Poggendorff's Annalen Bd. 96, 1872, S. 161 und Quelques expériences d'acoustique Paris 1882, p. 47.

3) Ztschr. f. Biologie, Bd. 23. N. F. 5, S. 291.

4) Ebenda, S. 303.

5) Ebenda, Bd. 25. N. F. 7, S. 289.

6) Ebenda, Bd. 27. N. F. 9, S. 1 und Bd. 31, N. F. 13, S. 524.

nicht die unwahrscheinliche Annahme machen wollte, dass aus irgend welchen Ursachen die Membran sich nicht ganz genau den Luftschwingungen anschmiegt und demzufolge mehr oder weniger entstellte Curven giebt.

Pipping[1]) kommt nun auf Grund seiner Untersuchungen zu folgendem Resultat:

1) „Gesungene Vocalklänge enthalten lauter harmonische Theiltöne.

2) Die Intensitäten der einzelnen Theiltöne hängen in keinem nennenswerthen Grade von ihrer bezüglichen Ordnungszahl ab.

3) Die verschiedenen Vocale unterscheiden sich unter einander durch Verstärkungsgebiete von verschiedener Anzahl, Breite, und Lage in der Tonskala.“

Das wesentlich Neue in der Auffassung der Vocalklänge liegt wohl im dritten Satze.

Denn wenn auch schon Helmholtz[2]) die Verschiedenheit in der Breite der verstärkten Partialtöne hervorhebt, so legt er doch lange nicht das Gewicht auf diese Thatsache, wie es Pipping thut und auf Grund seiner analytischen Methode thun muss. Dem relativen Moment erkennt dieser aber insofern eine grosse Bedeutung zu, als nach ihm die charakteristischen Resonanztöne der Vocale von mehr oder weniger Obertönen, die in einem bestimmten relativen Stärkeverhältniss zu einander stehen, begleitet werden (s. oben Satz 3).

Neben dem Sprachzeichner Hensen's ist es der Phonograph, der zur graphischen Methode verwendet wurde.

Die unbefriedigenden Resultate früherer Forscher übergehe ich und wende mich gleich zu dem Vollkommensten und Schönsten, was in dieser Beziehung überhaupt geleistet worden ist, zu den „phonophotographischen Untersuchungen“ [3]) Hermann's.

Es gelang nämlich Hermann, die durch Ansingen erzeugten Membranschwingungen eines nach seinen Angaben ausgezeichnet arbeitenden Edison'schen Phonographen durch das treue Bild der

---

1) Ztschr. f. Biologie Bd. 27, N. F. 9, S. 77.

2) Helmholtz, „Tonempfindungen“, 4. Ausg. 1877, S. 181—189.

3) Pflüger's Archiv Bd. 45, S. 582, Bd. 47, S. 42, 44 u. 347, Bd. 53, S. 1 und Bd. 58, S. 264. Siehe ausserdem Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 543, Bd. 49, S. 499 und Bd. 56, S. 467.

Photographie zur Anschauung zu bringen. Zu gleicher Zeit besitzt der Phonograph eine unbezahlbare Eigenschaft, indem er gestattet, sich immer durch Reproduction der Membranschwingungen von ihren akustischen Wirkungen zu überzeugen. Eine Beschreibung der sinnreichen Methode Hermann's halte ich für überflüssig, da ich auf die eigenen Schilderungen Hermann's [1]) verweisen kann. Ich versuche nur einen kurzen Ueberblick über seine Ansichten zu geben.

Auch Hermann kommt auf Grund der Analyse seiner Curven zu der Ueberzeugung, dass für die meisten Vocale ein charakteristischer Ton von bestimmter Höhe, für *U*, *E*, *Ae* dagegen zwei solcher Töne bestehen. Eine geringe Aenderung dieser charakteristischen Töne verändert die verschiedenen Vocale mehr oder weniger stark. Er stimmt also mit Pipping u. A. der Hauptsache nach, d. h. in der Annahme gewisser charakteristischer Töne von stets nahezu derselben Höhe überein. Aber während Helmholtz und Pipping die charakteristischen Töne als durch die Mundhöhle oder überhaupt das Ansatzrohr resonatorisch verstärkte Obertöne betrachten, vertritt Hermann auf Grund der Beschaffenheit und Analyse seiner Curven, die er gewissermaassen unmittelbar ohne Anwendung des Fourier'schen Satzes vornimmt (der übrigens nur zu harmonischen Theiltönen führen kann), die Anschauung, dass der charakteristische Ton, oder, wie er ihn sehr zweckmässig nennt, der „Formant" des Vocals gar nicht harmonisch zum Grundton zu sein brauche, ja im Gegentheil häufig ein unharmonischer sei. Dieser Formant oder Mundton besteht nach ihm vollkommen unabhängig vom Grundton und wird dadurch erzeugt, dass der dem tönenden Kehlkopf entströmende Luftstrom die für den betreffenden Vocal eingestellte Mundhöhle wie einen Resonator oder eine Pfeife anbläst. Hierbei tönt der Mundton allerdings nicht gleichmässig fort, sondern schwankt entsprechend den periodischen Stössen, mit welchen die Luft aus dem Kehlkopf entweicht, mit diesen auf und nieder, ja kann sogar auf kurze Zeiten (vielleicht während des Schlusses der Stimmbänder) vollkommen verschwinden, dann wieder auftreten, wieder verschwinden u. s. f. Mit einem Wort der Mundton oscillirt oder intermittirt in der Periode des Stimmtons.

---

1) Siehe Note 3 der vorhergehenden Seite.

In seiner Ansicht wird er noch dadurch bekräftigt, dass er in den Vocalcurven den Charakter von Schwebungscurven erkennt und dass es ihm in der That gelingt, Vocalklänge herzustellen durch Schwebung zweier Töne von den Schwingungszahlen $p + \frac{n}{2}$ und $p - \frac{n}{2}$, deren Differenz die Tonhöhe des entstehenden Differenztones n, deren arithmetisches Mittel den Formanten p des zu bildenden Vocals ergiebt. Kurz gesagt, existirt also für Hermann nur ein absolutes, ganz unabhängig dastehendes Moment als allein maassgebend für den Vocalklang; ein relatives Moment giebt es nach seiner Ansicht nicht, was ihm auch sein Versuch am Phonographen lehrt, bei welchem die bei einer bestimmten Rotationsgeschwindigkeit aufgesungenen Vocale sowohl bei gesteigerter als bei verlangsamter Rotationsgeschwindigkeit ihre charakteristischen Klänge einbüssen.

Gegen die Auffassung Hermann's wendet Pipping[1]) ein, dass es, wie Hensen gezeigt hat, wohl leicht gelingt, einen Resonator vermittelst eines gleichmässigen, aber nicht vermittelst eines ungleichmässigen, z. B. tönenden Luftstromes anzublasen, dass also auch die einen Resonator darstellende Mundhöhle durch die aus dem tönenden Kehlkopf strömende Luft nicht angeblasen werden kann. Dem entgegen macht Hermann[2]) geltend, dass die Mundhöhle nach seiner Auffassung nicht continuirlich ertöne, sondern immer nur während ganz kurzer Zeitperioden angeblasen und in diesen zum Tönen gebracht werde[3]).

Des Weiteren führt Pipping im Anschluss an Auerbach[4])

1) Zeitschrift f. Biologie Bd. 28, S. 39 und Bd. 31, N. F. 13, S. 526, sowie Zeitschr. für franz. Spr. und Lit. Bd. 15, S. 157 und Acta societatis scientiarum Fennicae, Tom 20, Nr. 11.

2) Pflüger's Archiv Bd. 58, S. 274.

3) Ich möchte hier, ohne irgendwie Partei für oder gegen die Hensen'sche Ansicht zu nehmen, einen einfachen Versuch mittheilen, auf den mich Herr Professor Grützner aufmerksam gemacht hat. Derselbe zeigt, dass jedenfalls die Hensen'sche Auffassung nicht für alle Fälle passt. Es gelingt nämlich ausserordentlich leicht zu gleicher Zeit zu singen und mit dem Munde zu pfeifen. Der intermittirende oder remittirende, aus dem tönenden Kehlkopf kommende Luftstrom ist also im Stande den kleinen von den Lippen und der Zunge gebildeten Resonator dauernd anzublasen, wodurch eben neben dem Tönen im Kehlkopf ein gleichmässiger Pfeifton erzeugt wird. An einen Vocal erinnert allerdings diese Doppelmusik nicht.

4) Zeitschrift für franz. Sprache und Lit. Bd. 16, S. 150.

an, dass man eben von den unharmonischen Tönen Hermann's in den Vocalklängen thatsächlich nichts höre und dass doch über das, was man hört, nicht das Auge, welches vielleicht diese oder jene Zacken in den Klangcurven so und nicht anders deuten kann, sondern vor allen Dingen, ja streng genommen allein das Ohr, welches eben diese oder jene harmonischen Theiltöne, aber eben keinen unharmonischen Ton hören kann, zu entscheiden hat.

Eine weitere sich hier anschliessende Frage ist die folgende: Ist der Kehlkopfton — gleiche Höhe und Stärke der Vocale vorausgesetzt — bei allen Vocalen ganz der gleiche oder wird gewissermaassen schon in dem Kehlkopf der Vocal gebildet bezw. vorgebildet? Würde, wenn jemand *A* oder *U* sprechen wollte und man nur den Kehlkopfton allein hören könnte, dieser in beiden Fällen ganz gleich oder verschieden sein? Auerbach nimmt das letztere an. Zu beweisen dürfte es jedoch schwer sein, und ich muss es dahingestellt sein lassen, ob es richtig ist. Nur scheint mir folgender Versuch nicht dafür zu sprechen. Wenn ich bei geschlossenem Munde die einzelnen Vocale, gewissermaassen also im Kehlkopf allein, zu sprechen versuche, so erhalte ich bei jedem Vocal denselben brummenden Ton, während man doch meinen sollte, dass, wenn der Kehlkopfton von Haus aus bei jedem Vocal verschieden ist, man das auch bei geschlossenem Munde hören müsste. Freilich können vielleicht auch verschiedene Kehlkopftöne durch den Resonanzraum des geschlossenen Mundes gleichartig brummend gemacht werden.

Nun mag dem sein, wie ihm wolle, soviel steht jedenfalls nach den genannten Untersuchungen fest, dass zur Charakterisirung von Vocalklängen das sogenannte absolute Moment, d. h. ein für jeden Vocal stets in derselben absoluten Höhe vorhandener Theilton von der grössten Wichtigkeit ist, mag nun dieser Theilton, wie Helmholtz, Hensen, Pipping und Andere wollen, ein harmonischer, durch Resonanz verstärkter Oberton des Kehlkopfklanges, oder wie Hermann will, ein selbständiger, in der Mundhöhle erzeugter Ton sein, der nur in dem Rhythmus des Kehlkopftones auf und nieder schwankt, aber mit ihm in keinem irgend wie harmonischen Verhältniss zu stehen braucht.

Dieser charakteristische Ton oder Formant ist nun, wie Hermann meint, allein in dem Klange vorhanden, während er nach Pipping von mehreren ebenfalls starken Nachbartönen

in einer grösseren oder geringeren Breite begleitet wird. Ist dieses „Verstärkungsgebiet" breit, so setzt sich der Formant, einem flachen Berge vergleichbar, auf den Gesammtklang auf; ist dagegen das Verstärkungsgebiet schmal, so steigt der Formant gleich einem steilen Berge mit kleiner Basis aus dem Klange hervor.

Verschwiegen darf schliesslich nicht werden, dass wie schon oben angedeutet, nach Auerbach[1]) neben dem absoluten Moment das relative in der von ihm dargelegten Weise nach wie vor seine Bedeutung behält und dass nach Lloyd[2]) dasselbe sogar allein maassgebend ist, indem dieser in dem Intervall zwischen den Resonanztönen (der „radical ratio") das Hauptmerkmal der Vocale sieht, während er die absoluten Tonhöhen (die „fixed pitch") innerhalb weiter Grenzen als gleichgiltig betrachtet.

Bei der unstreitigen Wichtigkeit und dem allgemeinen Interesse, welches die Formanten für die Erzeugung der Vocalklänge haben, wird es vielleicht für manchen von meinen Lesern nicht unerwünscht sein, wenn ich in nachfolgender Tabelle die Ergebnisse der verschiedenen Forscher nach dieser Richtung hin übersichtlich zusammenzustelle und, um Missverständnisse zu vermeiden, die betreffenden Töne in Noten angebe.

Zu den Noten von Auerbach muss ich bemerken, dass die in Klammer befindlichen den durch Percussion der Mundhöhle[3]) erhaltenen Tonhöhen, die andern annähernd seinen charakteristischen reduzirten Tonhöhen, für die er l. c.[4]) die Schwingungszahlen angiebt, entsprechen. Die Zahlen rechts unter den Noten Pipping's entsprechen der Breite der Verstärkungsgebiete, indem 12 einer Octave = 12 halben Tonstufen entspricht. Die Tonhöhen Boeke's entnehme ich Hermann's Phonophotogr. Untersuch. II. S. 43.

---

1) Zeitschr. für franz. Sprache und Lit. Bd. 16, S. 155.

2) R. J. Lloyd, Some Researches into the nature of Vowel-Sound, Liverpool 1890 und Speechsounds, their nature and causation. In Phonetische Studien 1890—1892, Bd. 3—5 (nicht abgeschlossen), sowie das eingehende Referat über Lloyd's Arbeiten von Pipping in Zeitschr. für franz. Spr. und Lit. Bd. 15, S. 157.

3) Wiedemann's Annalen der Physik u. Chemie N. F. Bd. 53. S. 157—160, 1878.

4) Wiedemann's Annalen der Physik u. Chemie Ergänz.-Bd. 8, S. 213, 1878.

	Reyher	Willis	Donders	Helmholtz	König	Auerbach	Pipping	Boeke	Hermann
A	breve e^1 medium c longum a	$des^2—f^3$	b^1	b^2	b^2	$(f^2)\ g^2$	$gis_6^2\ cis_8^3$	$c^3—cis^3$	$e^2—gis^2$
A⁰	f^1	$g^2—es^2$	—	—	—	c^2	h_{18}^1	—	$e^2—f^2$
O	g	c^2	d^1	b^1	b^1	$(a^1)\ c^2$	g_{12}^1	$\rangle c^2$	$c^2—dis^2$
E	a^1	$d^4—c^5$	cis^3	$f^1\ b^3$	b^3	$(g^1—a^1)\ g^2$	$f_{12}^1\ fis_4^3\ cis_1^4$	$\langle fis^4$	$d^2—e^2\ ais^3—h^3$
J	e^2	g^5	f^3	fd^4	b^4	$(f^1)\ c^3$	$d_{12}^1\ cis_8^4\ fis_1^4$	$\rangle d^4$	$e^4—f^4$
U	e	—	f^1	f	b	$(f^1)\ g^1$	$d_{12}^1—f^1\ d_5^3$	$\langle d^2$	$c^1—f^1\ d^2—e^2$
Ä	g^1	—	—	$d^2\ g^3—as^3$	—	g^2	$g_5^2\ fis_{10}^3$	—	$c^2—e^2\ fis^3—ais^3$
Ö	—	—	—	—	—	$(gis—a^1)\ g\ c^3$	$f_{12}^1\ g_5^3$	—	$f^3—g^3$
Ü	—	—	—	—	—	$(e^1—f^1)\ g^1\ g^2$	$d_{12}^1\ c_1^4$	—	$a^3—h^3$

ungestr. Oct. | 1. Oct. | 2. Oct. | 3. Oct. | 4. Oct.

c (132) | c^1 (264) | c^2 (528) | c^3 (1056) | c^4 (2112) | c^5 (4224)

a^1 = 440 Schwingungen.

II. Eigene Untersuchungen.

A. Entwickelung der Untersuchungsmethode.

Während man also bisher die Vocalklänge immer nur aus ihren Theiltönen zusammengesetzt (Helmholtz), bzw. aus der irgendwie dargestellten Klangcurve der Vocale (Hermann, Hensen, Pipping u. A.) die einzelnen Theiltöne ausgerechnet oder schliesslich auf rein subjectivem Wege die Stärke der einzelnen Partialtöne durch resonatorische Verstärkung derselben sich deutlich hörbar gemacht hatte (Auerbach), habe ich im Anschluss an Versuche, die Herr Prof. Grützner über das Wesen des Vocalklangs durch Auslöschen gewisser Componenten gemacht hat, eine Reihe von Versuchen im Tübinger physiologischen Institut im Sommer 1891 und im Winter 1895 nach dieser letzten Richtung hin angestellt.

Herr Prof. Grützner legte sich die Frage vor, was wird aus einem Vokal, wenn bestimmte Theiltöne aus ihm durch Interferenz abgeschwächt oder beseitigt werden?

Zur Geschichte dieser Interferenzmethode sei noch folgendes kurz mitgetheilt.

Herr Prof. Grützner machte an dem Originalapparat von Nörremberg[1]), über welchen das hiesige physiologische Institut verfügt, Interferenzversuche und stellte sich ausserdem einen einfacheren Interferenzapparat nach dem Nörremberg'schen Prinzip mit zwei verschieden langen Gummischläuchen her.

Das ja wohl als bekannt vorauszusetzende Prinzip dieses Apparats besteht darin, dass ein in eine Röhre geleiteter Ton durch zwei verschieden lange Wege, deren Differenz eine halbe Wellenlänge $\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ des Tons beträgt, wieder in eine Röhre vereinigt wird. Wird der Ton durch beide Röhren oder Schläuche gesandt, so wird er durch Interferenz abgeschwächt, gelangt dagegen voll in das Ohr, wenn der eine von beiden Schläuchen zugehalten wird.

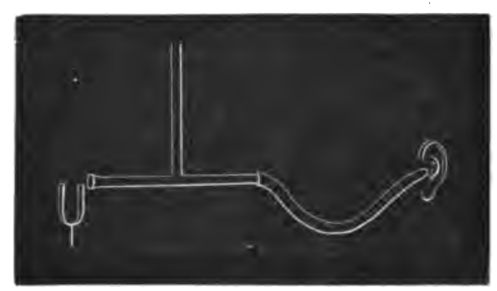
Als Herr Prof. Grützner diese Versuche anstellte, war er erstaunt, dass er häufig das entgegengesetzte Resultat konstatiren konnte, d. h. auch bei Verschluss eines Rohres eine starke Abschwächung des Tones wahrnahm.

---

1) J. Müller, Lehrbuch d. Physik, Braunschweig 1856, Bd. I, S. 382.

Diese Abschwächung kam, wie man sich bald überzeugte, dann zu Stande, wenn das abgeklemmte Ende von der dem Ohr nahe gelegenen Vereinigungsstelle beider Schläuche gerechnet, gerade ein Viertel von der Wellenlänge des Tons betrug. Der Ton wurde also durch Reflex abgeschwächt.

Auf Grund dieser Beobachtung konstruirte dann Herr Prof. Grützner den kleinen in schematischer Zeichnung in nachstehender Fig. 1 wiedergegebenen Interferenzapparat, eine **T**-förmige Glas- oder Messingröhre von 9—10 mm innerem Durchmesser. Der Querbalken des **T** führt auf der einen Seite durch einen Gummischlauch zum Ohr, auf der anderen ist er ein wenig trichterförmig erweitert, um den Ton etwa einer Stimmgabel besser aufzunehmen.



Figur 1.

Der mittlere Schenkel des **T** misst 19 cm, ist also gleich einem Viertel der Wellenlänge des gewöhnlichen Stimmgabel *A* (a^1). Bei offenem Seitenrohr klingt die angeschlagene Stimmgabel laut in's Ohr, bei (am einfachsten mit dem Finger) verschlossenem hört man entweder gar nichts oder die Octave des Stimmgabeltones, das Erstere, wenn die die Stimmgabel schwach, das Zweite, wenn sie laut tönt.

Nun gebührt aber Herrn Prof. Grützner nicht die Priorität der Erfindung dieses kleinen ausserordentlich einfachen einröhrigen Interferenzapparates, sondern ganz der gleiche Apparat wurde bereits von Quincke[1]) konstruirt und auf seine Leistungsfähigkeit geprüft. Weiterhin hat A. Seebeck[2]) sowie R. König[3])

1) Poggendorff's Annal. d. Physik u. Chemie, 5. Reihe Bd. 8, S. 177 bis 206, Tafel VI, Fig. 6.

2) Dr. A. Seebeck, Ueber Interferenz des Schalles in Röhren, Berlin 1872.

3) Quelques Expériences d'acoustique, Paris 1882, p. 76.

mit den Quincke'schen zweiröhrigen Interferenzapparaten eine Reihe in's Einzelne gehender Untersuchungen angestellt. Für unsere Zwecke ist es besonders wichtig sich daran zu erinnern, dass, wie auch Quincke hervorhebt, jeder derartige Interferenzapparat nicht bloss einen Ton von n Schwingungen, sondern auch die ungeradzahligen Obertöne von $3n$, $5n$, $7n$, u. s. w. Schwingungen auslöscht, bezw. abschwächt. Von der Richtigkeit dieser Thatsache habe ich mich übrigens durch den unmittelbaren Versuch überzeugt, wie nachfolgendes Beispiel zeigt.

An einem Messingrohr von 10 mm innerem Durchmesser befand sich wie in Fig. 1 ein seitliches gleich weites Ansatzrohr, dessen Länge durch einen hineingesteckten Stempel verändert werden konnte. Wurde nun die Länge dieses Seitenrohres gleich gemacht 65 cm $= \left(\frac{\lambda}{4}\right)$ des Tones c mit 130,8 Schwingungen, so wurde nicht bloss der Grundton, mit der Orgelpfeife c geblasen, stark abgeschächt, sondern es wurde auch der Pfeifenton g^1 mit 3 mal so viel Schwingungen wie c fast vollständig vernichtet; man hörte nur ein Rauschen.

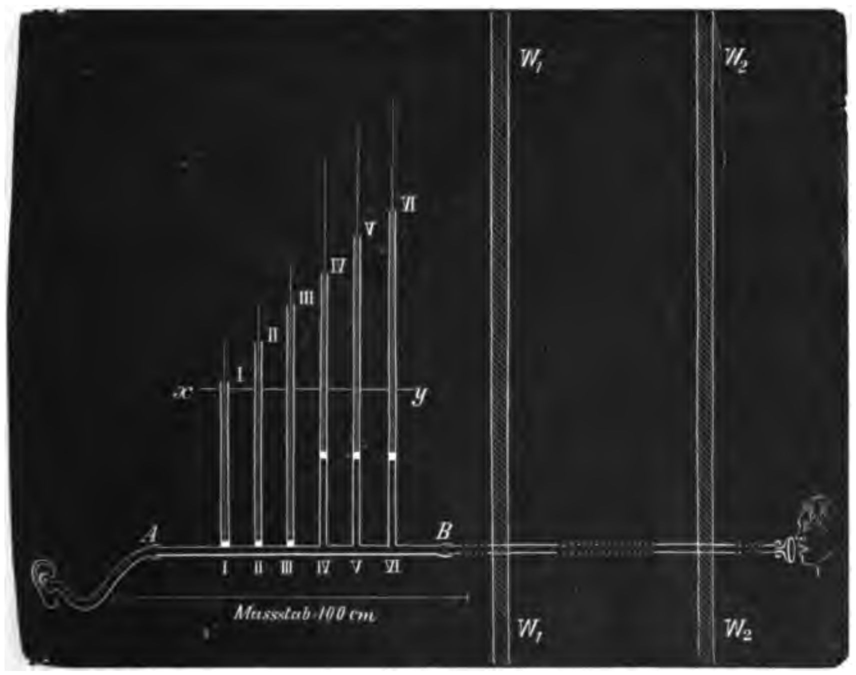
Wie schon die früheren Forscher (Quincke, Seebeck) angegeben haben, werden durch die genannten Interferenzapparate einfache Töne nicht vollständig ausgelöscht, sondern nur mehr oder weniger abgeschwächt, weil durch die gerade (beziehungsweise kürzere) Leitung der Ton nahezu in seiner vollen Stärke in unser Ohr gelangt, während der um eine halbe Wellenlänge verzögerte Ton natürlich durch die grössere Weglänge (und bei meinen Apparaten auch noch durch den Reflex) in seiner Stärke abgeschwächt wird. Es interferirt also immer ein stärkerer mit einem schwächeren Ton. Sie können sich demnach nicht genau auf Null herabsetzen.

Nun kann man aber die Wirkung eines derartigen Interferenzapparates bedeutend steigern und die Töne vollständig auslöschen, wenn man die Interferenz nicht nur einmal, sondern mehreremal hintereinander zu Stande kommen lässt. Denn wäre, wie eine leichte Ueberlegung zeigt, durch die erste Interferenz der Ton auf $\frac{1}{n}$ seiner Intensität herabgesetzt worden, so würde, alles übrige gleich gesetzt, eine nochmalige zweite Interferenz diesen Ton von

der Intensität $\frac{1}{n}$ wieder auf $\frac{1}{n}$ dieser Intensität, also auf $\frac{1}{n} \cdot \frac{1}{n}$ $= \frac{1}{n^2}$ herabsetzen und bei einer dritten Interferenz würde die Herabsetzung des Tones bereits $\frac{1}{n^3}$ betragen.

Herr Prof. Grützner stellte mir einen derartigen Interferenzapparat mit 6 seitlichen Ansatzröhren zur Verfügung, mit welchem ich mich durch unmittelbare, eigens nach dieser Richtung hin angestellte Versuche überzeugte, dass wirklich eine mehrfache Interferenz die entsprechenden Töne vollständig auslöscht.

Eine erste Bedingung aller dieser Interferenzversuche ist, dass der Hörende durchaus nur das hört, was durch den Interferenz-



Figur 2.

apparat in sein Ohr gelangt und dass er nicht etwa mit dem anderen Ohr durch die Luft oder durch die Leitung der Kopfknochen die ihm nicht durch den Interferenzapparat zugeführten Töne wahrnimmt. Dem zufolge muss die Tonquelle ausreichend weit von dem Hörenden entfernt und durch dichte Wände abgeschlossen sein.

Der Interferenzapparat[1]) mit dem Hörrohr (s. Fig. 2) befindet sich demnach in dem einen Zimmer in bequemer Höhe auf einem Tisch mit verschiebbarer Platte. Das Leitrohr AB setzt sich in der Länge von etwa 11 m durch die 2 Wände $W_1 W_1$ und $W_2 W_2$ eines zweiten Zimmers in ein drittes Zimmer fort, in welchem $2^1/_2$ m von der Wand entfernt eine trichterförmige Erweiterung der Leitung den Ton aufnimmt. Die ganze Leitung besteht aus drei innen ganz glatten Messingröhren von etwas über 3 m Länge und 10 mm innerer Weite, die durch kurze feste Kautschukstückchen mit einander verbunden und ausserdem durch zweckmässige Stützen in horizontaler Lage gehalten werden. Die Löcher in den Wänden $W_1 W_1$ und $W_2 W_2$ sind dicht mit Watte verstopft. Alle aus dem Zimmer führenden Thüren sind natürlich fest verschlossen, beziehungsweise noch durch Teppiche verhängt.

So gelingt es, dass wenn man sich das freie Ohr mit dem Finger zuhält oder sonstwie dicht verstopft, auch laut gerufene Klänge, nur durch das mit der Leitung verbundene Ohr, aber nicht auf anderem Wege gehört werden.

Der Interferenzapparat selbst besteht aus einem Leitrohr AB von 90 cm Länge und 10 mm innerer Weite. Dasselbe trägt am Ende A einen dickwandigen Gummischlauch von 67 cm Länge mit einem olivenförmigen Ansatz, der ins Ohr gesteckt wird.

Das andere gegenüberliegende Ende B ist, wie schon erwähnt, mit der langen Röhrenleitung durch ein kurzes, fest anliegendes Kautschukstückchen verbunden. Alle Knickungen sind sorgfältig vermieden. Die seitlichen Ansatzröhren I I, II II ... VI VI an der Röhre AB sind Messingröhren von derselben Weite wie die Röhre AB. Sie sind von I I bis VI VI beziehungsweise 50, 60, 70, 80, 90, 100 cm lang und in einem Abstand von je 10 cm rechtwinklig auf das Rohr AB aufgesetzt. Die erste und die letzte Röhre ist je 20 cm von A beziehungsweise B entfernt. In den genau ausgeschliffenenen Seitenröhren bewegen sich gut schliessende Stempel mit hölzernen Führungsstielen, welche in Centimeter eingetheilt sind. Die Zahl 0 bezeichnet, dass der Stempel gerade bis an die ihm nächstgelegene Wand der Röhre AB heranreicht und diese selbst vollkommen freilässt. Die anderen Zahlen geben dann die Länge der Ansatzröhren ohne weiteres an.

1) Der Interferenzapparat war von Herrn Universitätsmechaniker E. Albrecht hierselbst gefertigt.

Gleich die ersten Versuche, die ich mit diesem Apparate in der Hoffnung einer wiederholten und ausgiebigeren Interferenz anstellte, fielen so aus, dass ich sie mit Herrn Prof. Grützner und allen denen, welchen ich sie gelegentlich zeigte, als überraschend — nebenbei bemerkt —, vielfach geradezu als belustigend und jedenfalls als ungemein lehrreich bezeichnen kann; denn es wird beispielsweise, wenn mit den drei ersten Röhren des Apparates VI, V, IV der Grundton (und dessen ungeradzahlige Obertöne) oder gar noch dazu mit den folgenden drei Röhren III, II, I dessen Octave (und ihre ungeradzahligen Obertöne) ausgelöscht werden, eine in den Apparat hineinsingende oder noch besser in der Höhe des Grundtons sprechende Bassstimme in ein unkenntliches feines Pfeifen, der hohen Stimme eines kleinen Kindes vergleichbar, verwandelt und dabei nur ein Theil der Worte verstanden.

B. Untersuchung der Vocal-Klänge.

1. Auslöschung des Grundtons.

Zu den Untersuchungen waren stets zwei oder besser drei Personen nothwendig. In das eine Ende der Leitung wurden die Vocale in bestimmter Höhe und beliebiger dem Hörer nicht bekannter Reihenfolge gesungen bezw. gesprochen und das Gesprochene wie das Gehörte beiderseits sofort notirt, letzteres entweder von dem Hörer selbst, oder was bequemer und sicherer, von einer dritten Person. Jeder neue Vocal wurde durch Klopfen an der Leitung dem Hörer bemerkbar gemacht. Dann wurden die gesungenen Vocalklänge mit den gehörten Klängen verglichen, wobei natürlich irgend welche ungenaue Notirungen oder fehlerhafte Auffassungen festgestellt und beseitigt werden konnten.

Ehe ich nun die Resultate mit dem eben beschriebenen Apparate mittheile, will ich vorher noch einmal auf die Ergebnisse der Untersuchungen, welche Herr Prof. Grützner im Sommer 1891 in Gemeinschaft mit mir mit einem einröhrigen Interferenzapparat angestellt hatte, zurückkommen. Bezüglich der Versuchsanordnung ist dabei zu bemerken, dass die Röhrenleitung nur durch eine Wand in das nächste Zimmer führte, statt $11^1/_2$ nur 3 m im Ganzen lang war.

Es wurde damals in folgender Weise vorgegangen:

Zuerst wurden die Notentöne c, e, g, c^1, auf welche die Vocale *a*, *o* und *u* gesungen wurden, zur Interferenz gebracht, und die Veränderung der Vocalklänge vom Hörer im anderen Zimmer bestimmt; zweitens wurden die charakteristischen Tonhöhen nach König (für *A* b^2, *O* b^1, *U* b) zur Interferenz gebracht und dann die Veränderung der Klänge konstatirt. Zu bemerken ist, dass vor jedem Versuch die richtige Einstellung des Apparates durch den entsprechenden Pfeifen- oder Stimmgabelton kontrolirt wurde. Statt des Interferenzapparats, der, wie oben bemerkt, auch die ungeradzahligen Obertöne abschwächt, wurden dann auf einer eigens dazu konstruirten durchlöcherten Messingröhre auch die den Stimmgabeltönen nach König für *A*, *O*, *U* entsprechenden Resonatoren aufgesetzt und deren nur einen einzigen Ton abschwächende Wirkung auf die Vocalklänge festgestellt[1]).

Die damals erhaltenen Resultate hat Herr Prof. Grützner schon auf der Naturforscherversammlung zu Halle a. S. kurz mitgetheilt. In dem betreffenden Bericht[2]) heisst es: „Löscht man bei den Vocalen *A*, *O* und *U* den charakteristischen Ton aus (bezw. schwächt man ihn ab), so verwandelt sich in bestimmten Tonhöhen *A* in *O*, *O* in *U* und *U* in ein brummendes *M*. Bringt man dagegen den Ton, auf welchen der betreffende Vocal gesungen wird, zur Interferenz, so ändert sich die Vocalfarbe wenig, der Vocal wird nur schwächer und klingt wie aus der Ferne gesprochen“[3]).

---

1) Spätere Versuche mit seitlich auf die Röhre aufgesetzten Resonatoren gaben mir keine so befriedigenden Resultate. Ich liess sie desshalb, da meine Zeit knapp war, bei Seite liegen und hoffe nächstens auf diese Versuche wieder zurückzukommen.

2) Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher u. Aerzte. 64. Versammlung, Halle 1892, S. 147.

3) Betreffs dieser Thatsache möchte ich mir eine Bemerkung erlauben. In den „Tonempfindungen“ von Helmholtz 1870, S. 164 findet sich die Bemerkung, dass man aus zusammengesetzten Klängen die Obertöne oft unmittelbar heraushören kann, namentlich wenn man die Klänge aus der Ferne hört. So erwähnt Seiler in Leipzig, „dass er in schlaflosen Nächten, auf den Gesang des Nachtwächters lauschend, zuweilen anfangs aus der Ferne die Duodecime des Gesanges gehört habe, und später erst den Grundton.“ Offenbar haben wir hier eine ganz ähnliche Erscheinung vor uns. Durch

Diesem habe ich nur beizufügen, dass damals auch schon konstatirt wurde, dass sich das *U* bei Abschwächung des Notentones etwas nach *O* verfärbt, ausserdem bei Abschwächung des charakteristischen Tons nach König in den höheren Lagen nach *A* verändert.

Der Gang der Untersuchungen mit dem neuen Apparat ist im allgemeinen oben schon geschildert; ich wiederhole nur noch, dass die Vocale *A*, *E*, *I*, *O*, *U*, *Ä*, *Ö*, *Ü* in einer dem Hörer nicht bekannten Reihenfolge gesungen wurden und von mir nur der Uebersichtlichkeit halber in dieser Reihenfolge aufgezählt werden.

Ausserdem betone ich noch einmal, dass, wenn ich kurzweg sage, der Grundton n (d. h. von n Schwingungen) ist ausgelöscht, damit auch seine ungeradzahligen Obertöne $3n$, $5n$ u. s. w. vernichtet sind. Die Tonhöhen, in denen gesungen wird, sind c, e, g, c^1, e^1, g^1, c^2, e^2, g^2 (c—c^1 Männerstimmen von L. K. und O. St., c^1—c^2 weibliche Altstimme von S. G., c^2—g^2 Knabenstimme von A. M.).

Wenn der Grundton $n+3n$ u. s. w. allein ausgelöscht ist, so sind drei Röhren (VI, V, IV) auf $\frac{\lambda}{4}$ desselben ausgezogen; wenn der Grundton $n+3n+5n$ etc. und seine Octave $2n+6n+10n$ etc. ausgelöscht wird, so sind die drei längeren Röhren (VI, V, IV) auf $\frac{\lambda}{4}$ des Tones n, die drei kürzeren auf $\frac{\lambda}{4}$ des Tones $2n$,

---

Abschwächung des Grundtons klingt uns die Stimme des Sprechenden wie aus weiter Ferne, ja wenn man durch einen passenden Schieber das seitliche Interferenzrohr wechselsweise öffnet und schliesst, so wird diese Täuschung noch zwingender. Bald scheint uns der Sprecher unmittelbar in unser Ohr zu rufen, bald rückt er in weite Ferne hinaus. Es war mir interessant zu erfahren — worauf ich eben erst aufmerksam werde — dass auch Mach (Poggendorff's Annalen Bd. 126, S. 331 1865,) auf diese merkwürdige Erscheinung hinweist und die Veränderung von Klängen durch die Entfernung ungemein treffend mit der Veränderung von Farben durch die Entfernung, mit der sogenannten Luftperspective vergleicht.

Die Kunst des Bauchredners, über welche in letzter Zeit viel theoretisirt worden ist, besteht, wie ich bereits früher ausgeführt habe, im Wesentlichen darin, dass er auf irgend eine Weise diese aus der Ferne klingende Stimme nachahmt und durch mimisches Talent die Täuschung vervollkommnet. Wie er das thut, ist ziemlich gleichgültig. Grützner.

d. h. auf die Hälfte ausgezogen. Ist nur auf den Grundton eingestellt, so hört der Hörer keine Spur des Grundtones, sondern alles in der Octave ($2n$), ist dagegen auf Grundton und Octave eingestellt, alles in der zweiten Octave ($4n$). Denn wird der Grundton $n+3n+5n$ u. s. w. und seine Octave $2n+6n+10n+14n$ u. s. w. ausgelöscht, so bleiben nur die Töne $4n+8n+12n$ u. s. w. übrig.

Die Tabellen, welche die Auslöschung des Grundtons allein, sowie diejenigen, welche die Auslöschung des Grundtons mitsammt seiner Octave in ihren beiderseitigen Wirkungen darstellen, werden dann nebeneinander aufgeführt, wenn der Hörer in beiden Fällen dieselben Töne hört. So steht z. B. die Tabelle IIb neben Tabelle VIa, weil hier beidemal der Ton e^2 gehört wird.

Die Richtigkeit der Einstellung wird jedesmal vorher mit dem entsprechenden Pfeifen- oder Violinenton kontrolirt.

Tabelle Ia.

Vocale gesungen auf *c* [Notenbild] $n=130,8 \frac{\lambda}{4}=65,3$ cm, Grundton etc. ausgelöscht

Gesungen von L. K. (Baryton)	Gehört von E. S. in c^1
A	deutlich *A*
E	*E* nach *I*
I	deutlich *I*, etwas leiser als vorher
O	deutlich *O*
U	Wie eine Trompete, ohne eigentlichen Vocalcharakter
Ä	*Ö—Ä*
Ö	nasal nach *Ü*
Ü	*I*

Tabelle IIa.

Vocale gesungen auf *e* [Notenbild] $n=164,8 \frac{\lambda}{4}=51,8$ cm Grundton etc. ausgelöscht.

Gesungen von L. K.	Gehört von E. S. in e^1
A	deutlich *A*
E	*I* artig
I	reineres *I*, etwas leiser als vorher
O	nasal *ong*
U	ähnlich wie bei *O*
Ä	nasal *E*
Ö	*I* nach *U*
Ü	leiseres *I*

Tabelle IIIa.

Vocale gesungen auf g [musical notation] $n = 196 \frac{\lambda}{4} = 43{,}5$ cm, Grundton etc. ausgelöscht.

Gesungen von L. K.	Gehört von E. S. in g^1
A	deutlich *A*
E	*E* oder *I*
I	*E* oder *I* leiser als bei *E*
O	*U* oder *O*
U	*O* oder *U*
Ä	*E* nach *O*
Ö	*Ü*
Ü	leises *I*

Tabelle IVa und Va.

Vocale gesungen auf c^1 [musical notation] $n = 261{,}7 \frac{\lambda}{4} = 32{,}6$ cm, Grundton etc. ausgelöscht.

Gesungen v. L. K. u. S. G.	Gehört von E. S. in c^2 1) bei L. K.	2) bei S. G.
A	deutlich *A*	vielleicht *A*
E	nach *I*	*I* oder *E*
I	leises pfeifendes *I*	leise *Ä* artig
O	nach *U*	*O* oder *U*
U	unbestimmt kein Vocal	*A* artig
Ä	wie *E*	*E*
Ö	*Ü*	unbestimmt, *I*-ähnlich
Ü	leiser *Ü*	ebenso, noch mehr *I*-ähnl.

Tabelle Ib.

Vocale gesungen auf c, Grundton + 1. Oct. etc. ausgelöscht $\frac{\lambda}{4}$ = 65,3, und 32,6 cm.

Gesungen von L. K.	Gehört von E. S. in c^2
A	etwas nasales *A*
E	*I*-artig
I	sehr schwaches *I*-artiges Pfeifen
O	unbestimmt
U	ebenso, kein Vocal
Ä	*E*-artig nach *U*
Ö	*I* oder *U* mit Geräusch
Ü	*I* oder *U*

Tabelle VIa.

Vocale gesungen auf e^1

$n = 329{,}7\ \frac{\lambda}{4} = 25{,}9$ cm, Grundton etc. ausgelöscht.

Gesungen von S. G.	Gehört von E. S. in e^2
A	*O* oder *A*
E	*E* oder *I*
I	*I* oder *E*
O	*U*
U	vielleicht *A*
Ä	*E* oder *I*
Ö	*I*-ähnlich
Ü	noch mehr *I*-ähnlich

Tabelle IIb.

Vocale gesungen auf *e*, Grundton + 1. Oct. etc. ausgelöscht $\frac{\lambda}{4}$ = 51,8 und 25,9 cm.

Gesungen von L. K.	Gehört von E. S. in e^2
A	Pfiff *O* ähnlich
E	leiser Pfiff, *I*-ähnlich
I	noch leiser, *I*-ähnlich
O	wie bei *A*
U	ganz leises Pfeifen
Ä	*E* oder *U*-ähnlich
Ö	Pfeifen mit Anklang nach *O*
Ü	vielleicht *Ü*

Tabelle VIIa.

Vocale gesungen auf g^1

$n = 392\ \frac{\lambda}{4} = 21{,}8$ cm, Grundton etc. ausgelöscht

Gesungen von S. G.	Gehört von E. S. in g^2
A	*A* oder *O*
E	*I* oder *E*
I	leises *I*
O	*U* oder *O*
U	unbestimmt, im Abklang *A*
Ä	Pfeifen, *U*-ähnlich
Ö	Pfeifen, *E*-ähnlich
Ü	Pfeifen, *I*-ähnlich

Tabelle IIIb.

Vocale gesungen auf *g*, Grundton + 1 Oct. etc. ausgelöscht $\frac{\lambda}{4}$ = 43,5 und 21,8 cm.

Gesungen von L. K.	Gehört von E. S. in g^2
A	sehr heller lauter Pfiff
E	etwas leiser, *I*-ähnlich
I	noch leiser, klingt n. *I*
O	wieder lauterer Pfiff, so wie bei *A*
U	wieder leiseres Pfeifen ohne Vocalklang
Ä	ebenso nur Pfiff
Ö	*I*-artiger Pfiff mit Geräusch
Ü	*Ü*-artiges Pfeifen

Tabelle VIIIa und IXa.

Vocale gesungen auf c^2 [Notenbild]

$n = 523{,}3 \; \frac{\lambda}{4} = 16{,}3$ cm, Grundton etc. ausgelöscht.

Gesungen von S. G. und A. M.	Gehört von E. S. in c^3	
	1) bei S. G.	2) bei A. M.
A	unbestimmt *A*	hohes Pfeifen
E	unbestimmt	ebenso
I	unbestimmt, vielleicht *I*	ebenso, aber leiser
O	wie bei *A*	ebenso, aber lauter
U	ebenso nach *A* zu	ebenso, aber leiser mit Geräusch
Ä	rauschendes Pfeifen, *E* ähnlich	*E*-artig
Ö	hohes Pfeifen *U*- oder *E*-ähnlich	*I*-artig
Ü	rauschendes Pfeifen, *E*-ähnlich	ebenso

Tabelle Va.

Vocale gesungen auf e^2 [Notenbild]

$n = 659{,}3 \; \frac{\lambda}{4} = 12{,}9$ cm Grundton, etc. ausgelöscht.

Gesungen von A. M.	Gehört von E. S. in e^3
A	hohes Pfeifen, vielleicht *A*
E	hohes Pfeifen
I	leiseres Pfeifen
O	wieder lauter
U	wieder leiseres weicheres Pfeifen
Ä	*A*-artiges Pfeifen
Ö	*U* „ Pfeifen
Ü	*I* „ Pfeifen

Tabelle IVb und Vb.

Vocale gesungen auf c^1, Grundton + 1. Oct. etc. ausgelöscht $\frac{\lambda}{4} =$ 32,6 und 16,3 cm.

Gesungen von L. K. und S. G.	Gehört von E. S. in c^3	
	1) bei S. G.	2) bei L. K.
A	Pfiff *A*-ähnlich	Pfiff *A*-ähnlich
E	leiserer Pfiff	leiser unbest.
I	noch leiser, *I*-artig	ganz fein, leise nach *I*
O	unbestimmt rauschend, wieder lauter	wie bei *A*
U	leiser, mit Geräusch	leise hauch., wie eine Pfeife, die nicht anspr.
Ä	hohes Pfeifen *E*-ähnlich	unbestimmt *E*-artig
Ö	ebenso, *U*-ähnlich	ebenso
Ü	leiseres Pfeifen, *I*-ähnlich	ebenso

Tabelle VIb.

Vocale gesungen auf e^1, Grundton + 1. Oct. etc. ausgelöscht $\frac{\lambda}{4} =$ 25,9 und 12,9 cm.

Gesungen von S. G.	Gehört von E. S. in e^3
A	hohes Pfeifen
E	ebenso
I	leise grunzend, *I*-artig
O	unbestimmtes, wieder lauteres Pfeifen
U	leises Rauschen
Ä	hohes Pfeifen, *A*-ähnlich
Ö	leiseres Pfeifen, *I*-ähnlich
Ü	rauschendes Pfeifen, noch mehr *I*-ähnlich

Tabelle XIa.

Vocale gesungen auf g^3

$n=784$ $\frac{\lambda}{4}=10{,}9$ cm, Grundton etc. ausgelöscht.

Gesungen von A. M.	Gehört von E. S. in g^3
A	Pfiff
E	ebenso
I	leiserer Pfiff
O	wieder lauter
U	wieder leiserer, rauher Pfiff
Ä	*A* abwechselnd mit Geräusch
Ö	unbestimmtes Pfeifen
Ü	ebenso

Tabelle VIIb.

Vocale gesungen auf g^1 Grundton + 1. Oct. etc. ausgelöscht $\frac{\lambda}{4}=$ 21,8 und 10,9 cm.

Gesungen von S. G.	Gehört von E. S. in g^3
A	hohes Pfeifen
E	ebenso
I	ebenso, etwas leiser
O	wie bei *A*
U	ganz unbestimmt, kaum ein Ton z. hören
Ä	hohes Pfeifen
Ö	etwas schärferes Pfeifen
Ü	etwas leiseres Pfeifen, *I*-ähnlich

Tabelle VIIIb.

Vocale gesungen auf c^2 Grundton + 1. Oct. ausgelöscht $\frac{\lambda}{4}=$ 16,3 und 8,1 cm.

Gesungen von S. G.	Gehört von E. S. in c^4
A	ganz hohes feines Pfeifen
E	ebenso
I	ganz leise, fast nichts zu hören
O	Pfeifen wie bei *A*
U	leises Rauschen
Ä	unbestimmtes hohes Pfeifen
Ö	ebenso
Ü	ebenso, aber leiser

Von der Knabenstimme des A. M. werden die Vocale ebenfalls auf c^2, e^2, g^2, während Grundton und erste Octave desselben mit je ihren ungeradzahligen Theiltönen ausgelöscht sind, gesungen. Die Tabellen dazu geben nichts Charakteristisches mehr bezüglich des Vocalklangs, indem stets nur ein feines Pfeifen in der 4. Octave zu hören war. Nur die Tonstärke wechselte, wie schon bei den eben gegebenen Tabellen auffällt. Das an und für sich

schon feine Pfeifen erklang am deutlichsten, wenn *A* oder *O*, schwächer wenn *E*, noch schwächer wenn *U*, und am schwächsten, wenn *I* gesungen wurde.

Ausserdem muss ich zu diesen meinen Versuchen bemerken, dass Herr Prof. Grützner die Güte hatte, die meisten derselben selbst nachzuprüfen, wobei er im grossen Ganzen durchaus dieselben Resultate konstatiren konnte, ebenso meine Freunde, die Studirenden L. Kleinknecht und O. Stahl, und verschiedene andere, gerade im Institute beschäftigte Personen.

Ich gebe deshalb noch einige Tabellen, die von anderen Hörern als mir festgestellt wurden, allerdings nur für die Vocale *A*, *E*, *I*, *O*, *U*, wie sie von mir in einer dem Hörer nicht bekannten Reihenfolge gesungen wurden.

Vocale gesungen auf c^1 (n u. $\frac{\lambda}{4}$ a. o.), Grundton etc. ausgelöscht.

Gesungen von E. S.	Gehört von P. G. in c^2
A	*A*
E	zwischen *E* und *I*
I	schwach zwischen *E* und *I*
O	zwischen *O*, *U* und *A*
U	ebenso mit Geräusch

Vocale gesungen auf c^1, Grundton + 1. Oct. etc. ausgelöscht.

Gesungen von E. S.	Gehört von P. G. in c^3
A	hohes Pfeifen
E	hohes Pfeifen, ohne jeden Vocalklang
I	schwaches Pfeifen, vielleicht *I*
O	hohes Pfeifen mit tieferem Geräusch
U	lautes Geräusch, schwacher Ton, kein Vocal

Vocale gesungen auf c^1, Grundton + 1. Oct. etc. ausgelöscht.

Gesungen von E. S.	Gehört von P. Gm. in c^3
A	hohes Pfeifen
E	hohes Pfeifen, kein Vocal
I	leises *I*
O	gellendes Pfeifen
U	schwaches Summen

Vokale gesungen auf g, Grundton + 1. Oct. ausgelöscht.

Gesungen von E. S.	Gehört von Dr. B. in g^2
A	zwischen *O* und *E*
E	*O* oder *U* oder *I*
I	feineres *I*
O	klangvolles *A*
U	*A*-artig mit Geräuch

Zu dieser Tabelle muss ich bemerken, dass Herr Dr. B. wusste, dass Vocale gesungen wurden, was Herr P. Gm. nicht wusste.

Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass wir im Stande sind, durch Auslöschung einer Reihe harmonischer Theiltöne aus einem Vocalklang diesen allmählich zu vernichten, wobei sich im Einzelnen Folgendes ergiebt.

1) Je höher wir im Singen der Vocale steigen, um so mehr wird durch Wegnahme des Grundtones und seiner ungeradzahligen Obertöne die Erkenntlichkeit der Vocale beeinträchtigt. Ueberhaupt leidet (wenn auch natürlich in viel geringerem Grade) auch ohne jede Interferenz durch die blosse Röhrenleitung ein Vocalklang in der Regel um so mehr, je höher er gesungen wird.

2) Die Wegnahme des Grundtones und der ungeradzahligen Theiltöne schädigt die verschiedenen Vocale nicht in gleicher Weise. Am wenigsten beeinträchtigt wird das *A*, am meisten das *U*, die übrigen Vocale stehen in der Mitte.

In den verschiedensten Tonhöhen behält hierbei das *A* am deutlichsten seine charakteristische Klangfarbe, wie es ja auch bekanntlich sonst am leichtesten und deutlichsten von allen Vocalen in den verschiedensten Höhen gesungen werden kann. Das Singen einer Melodie oder von Tonleitern auf la, la, la ist hierfür der beste Beweis.

Das *U* hingegen wird in seiner Kenntlichkeit schon stark beeinträchtigt, wenn es auf *c* gesungen und dieses *c* ausgelöscht wird. In höheren Lagen wandelt es sich durch ein unbestimmtes *O* in ein *A* oder *A*artigen Klang um und geht schliesslich ganz verloren.

In der Mitte zwischen *A* und *U* stehen *O*, *E* und *I* und deren Umlaute *Ö*, *Ä* und *Ü*, die sich, in den verschiedenen Höhen gesungen, durchweg, meistens aber nicht so auffällig, verändern und erst in den höheren Lagen ihre charakteristische Färbung ganz verlieren. In den mittleren Lagen nähern sich die Umlaute oft den reinen Vocalen.

3) Die Wegnahme des Grundtones und seiner ungeradzahligen Theiltöne mitsammt seiner Octave und deren ungeradzahligen Theiltönen verwandelt alle Vocale in allen Tonlagen in einfache Pfiffe. Nur das *I* und das *Ü* scheinen mitunter etwas von ihrem Charakter zu behalten.

4) Bei dieser doppelten Auslöschung unterscheiden sich die Vocale untereinander nur durch die Stärke der gehörten Töne oder Pfiffe. Am lautesten tönt *A*, am leisesten *I*. Dazwischen

stehen *O*, *E* und die Umlaute, sowie das *U*, welches nur ein wenig lauter als das *I* klingt. Häufig mischt sich den Pfiffen, namentlich bei *I*, *Ü* und *U* ein eigenthümliches Hauchen oder Rauschen bei.

Indem ich betreffs der aus diesen Ergebnissen zu ziehenden Schlussfolgerungen auf das Spätere (s. S. 28) verweise, wende ich mich jetzt zu der zweiten Reihe meiner Versuche, nämlich zu der mit Ausöschung der Formanten.

2. Die Auslöschung der Formanten nach Hermann, bezw. der Resonanztöne nach Pipping.

Wie schon in den Versuchen vom Sommer 1891 (s. Seite 16) mit dem einfachen Interferenzapparat ausser dem Grundton auch die Formanten abgeschwächt wurden, so habe ich nun neuerdings mit dem zusammengesetzten Interferenzapparat die Wirkung einer vollständigen Auslöschung der Formanten auf die Vocalklänge untersucht. Hierbei wurde in der Weise vorgegangen, dass von einer Männerstimme (Baryton) ein und derselbe Vocal hintereinander etwa auf die Tonhöhen von *c*, *e*, *g*, c^1, e^1 gesungen und vom Hörer nach Ausschaltung der Formanten beobachtet wurde. In einigen Versuchen wusste der Hörer, was gesungen wurde, in anderen nicht. Mannigfache Wiederholungen stellten die Ergebnisse sicher Bei 2 Formanten wurden die ersten 3 Röhren (VI, V, IV) auf den tieferen, die nächsten 3 auf den höheren charakteristischen Ton eingestellt; bei 3 Formanten wurden in dem Falle, wo alle 3 zur Auslöschung gebracht werden sollten, wie es aus den folgenden Tabellen bei *E* und *I* Pipping's nothwendig wurde, je 2 Röhren auf einen Formanten verwandt.

Da die Formanten meist in der zweiten Octave und darüber liegen, so kommt für die Vocale wahrscheinlich der Einfluss der gleichzeitigen Auslöschung der ungeradzahligen Obertöne der Formanten kaum in Betracht.

Der auszulöschende Formant wurde jedesmal zuvor auf der Violine angegeben und seine Auslöschung durch den Apparat festgestellt. Derselbe genügte, wie ich nachträglich bemerke, auch was die Höhe der Töne anlangte, den weitgehendsten Anforderungen. Ein *fis*^{4} wurde noch vollständig ausgelöscht.

In den folgenden Tabellen stelle ich nun meine diesbezüglichen Resultate zusammen.

I. Formanten nach Hermann.

Gesungene Vocale	Formanten	Ungefähr. Mittel u. Schwingungszahl n desselben	$\frac{\lambda}{4}$ dieses mittleren Tones	Es wird ausgelöscht der Violinenton	Gehörte Resultate a) bei Auslöschung eines Formanten	Gehörte Resultate b) bei Auslöschung zweier Formanten zusammen
A	e^2—gis^2	fis^2 740	11,5	fis^2	wird nasal mit Färbung nach *O*	
A^0	e^2—f^2	e^2—f^2 679	12,6	zwischen e^2 und f^2	nasal *A*, klingt in den höheren Lagen nach *U*	
O	c^2—dis^2	cis^2—d^2 570	15,0	zwischen cis^2 u. d^2	wenig nasal, in den höheren Lagen nach *U* oder *A*	
E	d^2—e^2	dis^2 622	13,7	dis^2	wird kaum verändert	wird nach *U* oder *O* zu verfärbt
	ais^3—h^3	ais^3—h^3 1919	4,4	zwischen ais^3 u. h^3	wird nach *U*, *O* oder *A* verändert	
I	e^4—f^4	e^4—f^4 2715	3,1	zwischen e^4 u. f^4	wird nasal mit einer geringen Färbung nach *u* zu	
U	c^1—f^1	d^1—dis^1 303	28,2	zwischen d^1 u. dis^1	in den tiefen Lagen *U*, in d. höhern nach *O* zu verändert	wird verschwommenes Brummen, *M*-artig, in den höhern Lagen *A*-artig nasal
	d^2—e^2	dis^2 622	13,7	dis^2	zwischen *Ä* u. *U*	
Ä	c^2—e^2	d^2 587	14,5	d^2	*Ä*-Klang nahezu verschwunden, wird nach *U* zu verändert	wird brummend, *U*-ähnlich
	fis^3—ais^3	gis^3 1661	5,1	gis^3	deutliches *A*	
Ö	f^3—g^3	fis^3 1480	5,7	fis^3	bleibt *Ö* in d. höheren Lagen nach *I* zu	
Ü	a^3—h^3	ais^3 1864	4,5	ais^3	unbestimmt; erinnert an *U* und *I*	

II. Resonanztöne nach Pipping.

Ges. Vocale	Resonanzton	Schwingungszahl n	$\frac{\lambda}{4}$	Ausgel. der Violinenton	Gehörte Resultate, wenn ausgelöscht sind: der eine Resonanzton	der 1. u. 2.	der 2. u. 3.	der 1. u. 3.	der 1. 2. u. 3.
A	gis^2	830	10,2	gis^2	wird nasal	wird nasal N (ng)			
	cis^3	1108	7,7	cis^3	nasal nach $Ä$ verfärbt				
A^0	h^1	494	17,3	h^1	wird nasal A^0				
O	g^1	392	21,8	g^1	wird stark nasal nach U oder A verfärbt				
E	f^1	349	24,4	f^1	wird nasal	wird etwas nach U verfärbt	zwischen U und $Ä$	wird unbestimmt u od. $Ä$	wird fast ganz O bis U
	fis^3	1480	5,7	fis^3	zwischen E u. $Ä$				
	cis^4	2217	3,8	cis^3	zwischen E u. $Ä$				
I	d^1	294	29,0	d^1	nasal I	etwas nach U zu	N-artig	M-artig	wird stark nach U verf.
	cis^4	2217	3,8	cis^4	zwischen I u. $Ä$				
	fis^4	2960	2,9	fis^4	brummend, etwas I zu hören				
U	d^1-f^1	dis^1-e^1 320	26,6	dis^1-e^1	bleibt U	M-artig, in den höheren Lagen nach *ang* verfärbt			
	d^3	1174	7,3	d^3	brummendes M				
$Ä$	g^2	784	10,9	g^2	bleibt $Ä$ bis E	wenig verändert			
	fis^3	1480	5,7	fis^3	bleibt $Ä$				
$Ö$	f^1	349	24,4	f^1	stark nasal, etwa *eng*	noch mehr nasal, i. d. tief. Lagen nach U zu			
	g^3	1568	5,4	g^3	unbestimmt U-artig				
$Ü$	d^1	294	29,0	d^1	wird I	wird dumpf I nach U zu			
	c^4	2093	4,0	c^4	unbestimmt zwischen $Ä$ u. $Ö$				

Diese beiden Tabellen lehren Folgendes:

1) Die meisten Vocale, namentlich *A* und *O*, werden durch Auslöschung ihres Formanten und seiner ungeradzahligen Obertöne unter mehr oder weniger bedeutender Verschiebung ihres spezifischen Vokalklanges zu nasalirten Vocalen umgewandelt.

2) Diese Auslöschung ist für alle Vocale von grossem, aber nicht für alle von dem gleichen Einfluss. Alle Vocale mit hohen Formanten *E*, *I*, *Ü*, *Ö*, *Ä* werden hierdurch in ein tiefes, unbestimmtes (*M*, *N* oder *U* artiges) Brummen umgewandelt. Sind zwei oder mehr Formanten vorhanden, so ist die Auslöschung von allen wirksamer, als die von nur einem, und bei zwei Formanten die des höheren allein viel wirksamer, als die des tieferen allein.

A wird mässig stark verändert und zwar bei Auslöschung nur eines (Hermann) oder nur des tieferen Formanten (Pipping) mit nasalem Beiklang nach *O* zu verschoben, nach Auslöschung auch des zweiten höheren (Pipping) ganz vernichtet. Man hört nur ein unbestimmtes näselndes '*äng*.

U wird namentlich in den tieferen Stimmlagen wenig verändert und wird nur mehr brummend, *M*-artig; in den höheren verschiebt es sich unter Annahme eines nasalen Beiklanges nach einem unbestimmten *A*-artigen Klange.

Völlig vernichtet wird durch Auslöschung des Hermann'schen Formenten das *Ä*. Die Auslöschung eines oder beider Pipping'schen Resonanztöne verändert es wenig.

O wird nasalirt und in einen unbestimmten *A* oder *U* artigen Klang umgewandelt.

Hieraus dürfte zu entnehmen sein, dass entweder die von uns gesungenen Vocale in dem einen Fall mehr denjenigen von Hermann, im anderen mehr denen von Pipping glichen oder dass die von den genannten Forschern angegebenen charakteristischen Tonhöhen nur dann die richtigen sind, wenn durch ihr Auslöschen der Vocalklang vollständig oder doch fast vollständig vernichtet wurde.

Im Allgemeinen möchte ich aus allen meinen Versuchen folgendes schliessen.

Charakteristisch für die Vocalklänge sind gewisse in ihnen enthaltene Töne von bestimmter Höhe, mögen diese nun durch

Resonanz verstärkte harmonische Obertöne oder irgend welche harmonische oder unharmonische, selbständige Mundtöne sein, worüber ich mir ein Urtheil nicht erlaube. Dieses Merkmal hat aber nicht für alle Vocale die gleiche Bedeutung. Sonst wäre es nicht zu verstehen, warum die Auslöschung des Grundtones (und seiner ungeradzahligen Obertöne) bei Bestehenbleiben des Formanten die verschiedenen Vocale so ganz verschieden beeinflusst, daß *A* z. B. erhält und das *U* vernichtet. Da müssen noch andere Momente mitwirken.

Hiefür scheinen mir übrigens auch die Untersuchungen von Hermann[1]) mit der mikrophonischen und telephonischen Uebertragung von Vocalen zu sprechen. Auch Hermann findet, dass wenn er durch Telephon oder Mikrophon mehr die hohen oder die tiefen Töne abschwächt oder die Intensitäten der Theiltöne eines Vocalklanges verändert, die verschiedenen Vocale in sehr verschiedener Weise verschoben werden. Er sagt: „Am sichersten unter allen Vocalen erkennbar ist *A*. Die Vocale *E*, *I*, *Ä*, *Ö*, *Ü* werden sehr leicht miteinander verwechselt, dagegen fast niemals mit *A*, *O* oder *U*. *O* wird mit *U* leicht verwechselt, fast nie einer dieser Vocale mit *A*.“ Weiterhin sagt Hermann, dass diese Uebertragungen, welche durch Abschwächung hoher oder tiefer Töne die musikalischen Klänge stark verändern, „so gut wie ohne jeden Einfluss bleiben auf die Erkennbarkeit der Vocale“. Das *A* bleibt also *A*, ob man seine höheren oder tieferen Theiltöne in ihrer Intensität verändert, wenn nur ihre Höhe constant bleibt. *E*, *J*, *Ä* u. s. w. werden aber hierdurch verändert, sonst würde man sie eben nicht mit einander verwechseln.

Offenbar sind, wie es mir scheint, unsere Versuche mit den Hermann'schen in gewisser Beziehung durchaus in Parallele zu stellen. Er wie wir finden ganz im Allgemeinen, dass verschiedene Vocale verschieden beeinflusst werden durch Abschwächung beziehungsweise Verstärkung oder durch völliges Auslöschen gewisser Partialtöne. Diese Partialtöne können also nicht für alle Vocale dieselbe charakteristische Bedeutung haben.

Fragen wir uns nun, welche andere Momente neben diesem absoluten dies sein könnten, so kommen wir immer wieder auf relative Momente, z. B. auf das Stärkeverhältniss des Grundtons

---

1) Pflüger's Archiv Bd. 48, S. 543.

zu einem oder mehreren seiner Obertöne oder auf das Stärkeverhältniss verschiedener Obertöne zu einander, das sogenannte Verstärkungsgebiet oder ihre absolute Anzahl oder schliesslich auf die mehr oder weniger grosse musikalische Entfernung der Obertöne vom Grundton und von einander, ohne etwa desshalb die radical ratio von Lloyd als das allein Maassgebende anzusehen.

Die zuerst von Grützner und Andern in unvollkommener Weise, dann von Hermann mit guten Apparaten in vollkommener Art angestellten Versuche mit dem verschieden schnell gedrehten Phonographen sollten nach der Anschauung von Herrn Prof. Grützner noch einmal methodisch für die verschiedenen Vocale in verschiedenen Höhen mit genauer Angabe der Drehungsgeschwindigkeiten wiederholt werden. Denn dass bei diesen Versuchen nach den Angaben von Hermann[1]) ebenfalls das *A* am längsten seine Erkennbarkeit behielt, zeigt unwiderleglich, dass ein bestimmter Partialton oder Formant das allein Charakteristische für das *A* unmöglich sein kann. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird es ebenso, ja vielleich noch mehr charakterisirt durch ein breites, ziemlich hoch gelegenes Verstärkungsgebiet mit zwei Höhepunkten (s. Tab. II auf S. 27); denn dann begreift man, dass es überhaupt — ausser eben durch die mehr oder weniger vollständige Zerstörung dieses Verstärkungsgebietes — so zu sagen nicht umzubringen ist und auch schwer umgebracht werden kann durch den genannten Phonographenversuch. Pipping[2]) erläutert dieses in treffender Weise folgendermaassen. Er sagt: „Nehmen wir an, dass das charakteristische Tongebiet eines Vocals sich von c^4 bis d^4 erstreckt. Durch Beschleunigung der Rotationsgeschwindigkeit transponiren wir den Vocalklang eine Terz höher. Das nunmehr vorhandene Verstärkungsgebiet erstreckt sich von e^4 bis fis^4, liegt also ganz ausserhalb des alten. Wenn das charakteristische Gebiet breiter ist und sich beispielsweise von g^2 bis g^3 erstreckt, so bedeutet die Transponirung um eine Terz verhältnissmässig wenig. Die Grenzen des neuen Gebietes sind h^2 und h^3, und letzteres hat die ganze Strecke von h^2 bis g^3 mit dem alten gemeinsam.“

Wir müssen also für die Charakterisirung der Vocalklänge neben dem absoluten Moment, d. h. neben einem in dem Klange

1) Pflüger's Archiv Bd. 47, S. 42.

2) Zeitschr. für Biologie Bd. 31, N. F. 13, S. 556.

enthaltenen Ton von immer der gleichen absoluten Höhe noch andere Momente annehmen, die bei den einen Vocalen in stärkerer, bei den anderen in schwächerer Weise ihren bestimmenden Einfluss ausüben.

Zum Schlusse der Arbeit spreche ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Grützner, der mich als Studirenden in diese Versuche einführte und bei denselben, sowie bei der Abfassung meiner Arbeit unausgesetzt in liebenswürdigster Weise mit Rath und That unterstützte, meinen aufrichtigen Dank aus. Auch allen denen, die mich bei den oft ermüdenden und abspannenden Versuchen durch ihre Stimme und ihr Gehör wacker unterstützten, sei an dieser Stelle bestens gedankt.

(Aus dem physiologischen Laboratorium zu Groningen.)

Zur Darstellung des Glycogens.

Von

D. Huizinga.

Reines Glycogen darzustellen ist bekanntlich nicht so ganz leicht. Das kochende Wasser, womit die Leber extrahirt wird, löst immer eine nicht unbeträchtliche Menge Eiweiss auf, das, nachher durch Alkohol zugleich mit dem Glycogen niedergeschlagen, dasselbe verunreinigt und nun schwer zu entfernen ist. Es war daher ein grosser Fortschritt, als Brücke dieses Eiweiss vor der Alkoholbehandlung durch sein bekanntes Reagens entfernte. Damit wurde aber die Darstellung wieder umständlicher, und es lag daher wohl auf der Hand nach einem Lösungsmittel zu suchen, das aus der Leber nur Glycogen und nicht auch zugleich Eiweiss extrahirte. Fränkel[1]) schlug dazu die Trichloressigsäure vor. Gegen diese Methode erhob aber Weidenbaum[2]) Einspruch, da nach seinen Versuchen das nach Fränkel erhaltene Glycogen noch beträchtliche Mengen Eiweiss enthält. Andere Vorschläge sind meines Wissens bisher nicht gemacht worden.

Es erschien mir daher nicht überflüssig, eine Antwort zu suchen auf die Frage: Gibt es ein Lösungsmittel, das aus der Leber eiweissfreies Glycogen extrahirt? Eiweiss ist ja doch wohl hauptsächlich die stickstoffhaltige Verunreinigung, die wir im Glycogen zu erwarten haben.

Um also die Leistungsfähigkeit eines solchen Lösungsmittels zu prüfen, müssen wir im Besitze einer Methode sein, welche gestattet, Spuren von Eiweiss im Glycogen nachzuweisen. Und welches

---

1) Arch. f. d. ges. Phys. 52. 125.

2) ibid. 54. 319.

Eiweiss wird am ehesten im Glycogen vorkommen können? Offenbar dasjenige, das am meisten löslich, am wenigsten präcipitirbar ist. Das sind die Albumosen. Wir werden also auf diese Kategorie von Eiweissstoffen vornehmlich zu achten haben. Freilich sind die Peptone noch löslicher und weniger präcipitirbar als die Albumosen, allein wir werden sie hier vorläufig ausser Betracht lassen können, da ihr Vorkommen in normalen Gewebssäften (ausgenommen die der Darmwand) denn doch allzu unwahrscheinlich ist.

Ich stellte mir Albumose dar durch künstliche Verdauung von flockig auscoagulirtem Hühnereiweiss. Die verdaute Flüssigkeit wurde neutralisirt, der spärliche Niederschlag abfiltrirt, das Filtrat auf ein kleines Volum eingedampft, mit Essigsäure versetzt und mit Kochsalz gesättigt. Die ausgeschiedene Albumose wurde mit concentrirter Kochsalzlösung gewaschen, in Wasser gelöst, zur Entfernung des Kochsalzes dialysirt und mit Alkohol gefällt. Es resultirte ein schneeweisses, in Wasser vollkommen lösliches Pulver. Mit diesem Präparat wurden die folgenden Versuche angestellt.

Um Eiweiss im Glycogen nachzuweisen sind von vornherein die Reagentien, welche das Eiweiss niederschlagen, wo also der Nachweis auf einer Trübung beruht, wegen der Opalescenz der Glycogenlösungen unbrauchbar. Geringe Trübungen kann man eben nicht wahrnehmen in der opalisirenden Flüssigkeit. Man ist also auf solche Reactionen angewiesen, wobei eine für Eiweiss charakteristische Färbung entsteht. Die Mehrzahl derselben aber sind ausgeschlossen, weil sie mit Glycogen auch gefärbte Producte geben, sodass am Ende nur zwei brauchbare übrig bleiben, nämlich die Biuretreaction und die Millon'sche Reaction.

Die Biuretreaction ist nicht sehr empfindlich. In 10 ccm Flüssigkeit mit 0,05 % Albumose ist die Färbung noch eben zu erkennen. Die Anwesenheit von Glycogen stört dieselbe nicht. In geringeren Flüssigkeitsmengen ist die schwache Farbe nicht mit vollkommener Schärfe erkennbar. Wenn man also 1 gr Glycogen in 10 ccm Wasser löst und mit der Biuretreaction prüft, wird erst ein Eiweissgehalt von 0,5 % bemerkbar; enthält das Glycogen weniger Eiweiss als 0,5 %, so entgeht es dem sicheren Nachweise.

Etwas besser steht es mit der Millon'schen Reaction. Um das Reagens zu bereiten löst man 1 Th. Quecksilber bei gelinder Wärme in 2 Th. Salpetersäure von 1,4 spec. Gew. und verdünnt die erhaltene Lösung mit dem doppelten Volum Wasser. Nach längerer Zeit wird die Flüssigkeit ärmer an salpetriger Säure und dadurch schwächer wirksam; es genügt dann, eine Spur Natriumnitrit hinzuzufügen, um die Wirksamkeit wieder herzustellen.

Mit Millon's Reagens hat man den grossen Vortheil, dass man das auf Eiweiss zu prüfende Glycogen nicht in Wasser zu lösen braucht, um die Reaction anzustellen, sondern dasselbe direct mit einigen Tropfen Millon auf dem Wasserbade erwärmen kann. Man hat also das eventuell anwesende Eiweiss in concentrirterem Zustande. Es stellte sich nun heraus, dass, während das reine Glycogen mit Millon ganz farblos bleibt, es bei einem Albumosegehalt von 0,1 % sich deutlich orange färbt.

Nun lässt sich aber der Nachweis noch bedeutend verschärfen, wenn man aus dem gelösten Glycogen erst das Eiweiss niederschlägt und mit dem erhaltenen Niederschlag die Millon'sche Probe anstellt. Zum Niederschlagen lässt sich am besten verwenden das phosphorwolframsaure Natron, und zwar im folgenden Verhältniss benutzt: 100 wolframsaures Natron, 50 Phosphorsäure, 10 concentrirte Salzsäure und 500 Wasser. 2 ccm von diesem Reagens mit 5 Tropfen Salzsäure erzeugen in 10 oder 20 ccm einer 0,002 procentigen Albumoselösung nach 12—24 Stunden einen deutlichen, abfiltrirbaren Niederschlag. Derselbe wird auf einem kleinen Filter gesammelt, mit wenig Wasser gewaschen und dann das Filter in einer flachen Schale ausgebreitet, welche auf dem Wasserbade steht. Wenn das Filter trocken ist, wird es mit einigen Tropfen des Millon'schen Reagens benetzt und erwärmt. Es färbt sich dann noch deutlich roth. Mit grösseren Eiweissmengen ist die rothe Färbung natürlich intensiver. Löst man eiweissfreies Glycogen in der verdünnten Albumoselösung, so ändert dies an dem Befunde nichts. Glycogen stört also diese Methode des Eiweissnachweises nicht und es lassen sich in 1 gr Glycogen, wenn man es in 10 ccm Wasser löst (nöthigenfalls in der Wärme mit Hülfe von einigen Tropfen Salzsäure) und, wie oben angegeben, behandelt, noch 0,2 mgr oder 0,02 % Eiweiss nachweisen.

Als ich nun mit dieser Methode das nach Fränkel mittelst

4 procentiger Trichloressigsäure aus der Kaninchenleber dargestellte Glycogen auf seinen Eiweissgehalt prüfte, ergab sich fast immer eine deutliche Millon'sche Reaction. Zwar war dieselbe nicht so intensiv als man nach Weidenbaum's Angaben erwarten sollte, der Stickstoffmengen fand entsprechend 3—9 % Eiweiss[1]; allein eiweissfrei war das Glycogen nicht. Und bei einiger Ueberlegung war eine annehmbare Ursache dafür wohl zu finden. Trichloressigsäure nämlich schlägt die Albumosen, im Allgemeinen die mehr löslichen Eiweissstoffe, nicht oder nur sehr unvollkommen nieder. Was davon in der Leber vorkommt, wird also ganz oder theilweise im Extract gelöst bleiben können. (Vielleicht ist die Bemerkung nicht ganz überflüssig, dass, wenn ich von „Albumosen“ spreche, ich darunter nicht gerade solche Eiweissstoffe verstehe, die absolut identisch sind mit den Prot- und Deutalbumosen, die bei der Magenverdauung entstehen, sondern im Allgemeinen die mehr löslichen, weniger präcipitirbaren Eiweissstoffe. Allgemein bekannt ist die Thatsache, dass die aus den verschiedensten Organen mit kochendem, angesäuerten Wasser oder kochendem, angesäuerten Salzwasser angefertigten Extracte immer noch bedeutende Mengen Eiweisskörper enthalten, wovon die letzten Spuren oft schwer zu entfernen sind. Als Typus dieser löslichen Eiweissstoffe habe ich die Verdauungsalbumosen genommen.)

Nach der Trichloressigsäure wurde die Sulfosalicylsäure als Extractionsmittel versucht, und zwar in 5—10 procentiger wässeriger Lösung. Die mit reinem, feinkörnigen Seesand verriebene Leber wurde 24 Stunden kalt extrahirt. Auch diese Säure erwies sich als ungeeignet; sie lieferte ein eiweisshaltiges Glycogen, und schlug auch Albumosen unvollkommen nieder.

Dasselbe ergab sich für den Formaldehyd. Verwendet wurde das Formol des Handels, das auf das doppelte oder vierfache Volum mit Wasser verdünnt wurde. Formol oder Formalin enthält ungefähr 40 % Formaldehyd.

---

1) l. c. 55. 385. Da Weidenbaum nachgewiesen hat, dass die verschiedenen Handelspräparate der Trichloressigsäure nicht die gleiche Zusammensetzung haben, so bemerke ich, dass das von mir benutzte Präparat von Merck bezogen war und den Anforderungen des Arzneibuches für das Deutsche Reich, Ed. III, genügte.

Das erhaltene Glycogen zeigt nicht immer den gleichen Eiweissgehalt, soviel sich nach der Intensität der auf dem Filter erscheinenden Millon'schen Reaction abschätzen lässt. Bei genau gleichem Verfahren bekommt man das eine Mal eine sehr deutliche, das andere Mal eine nur eben merkliche Reaction. Die Leber enthält offenbar nicht immer die gleichen Mengen Albumosen. Es war verlockend, die Frage aufzuwerfen, ob dies vielleicht von Ernährungsverhältnissen abhängig wäre und ob beim Hunger die Albumosen aus der Leber verschwänden. Einige vorläufige Versuche beantworteten aber diese Frage verneinend; Glycogen aus Lebern von Thieren, die 24 oder 36 Stunden gehungert hatten, mittelst Trichloressigsäure erhalten, war noch ebensogut eiweisshaltig. Da mir für meinen eigentlichen Zweck die Eruirung dieser Verhältnisse fern. lag, habe ich mich damit nicht weiter beschäftigt.

Nun gibt es aber noch andere Fällungsmittel, die die Eiweissstoffe vollständiger niederschlagen als die bisher genannten. Von diesen wirkt das Sublimat, wie Neumeister[1]) fand, am besten, indem es selbst die am meisten löslichen Eiweisskörper, die Peptone, vollständiger fällt als irgend ein anderes Fällungsmittel, und in dieser Hinsicht die Phosphorwolframsäure und das Brücke'sche Reagens noch übertrifft. Ausserdem haben diese beiden letztgenannten Fällungsmittel einen Uebelstand, der sie zu Extractionsflüssigkeiten für Glycogen weniger geeignet macht; sie erfordern nämlich einen nicht allzu geringen Salzsäuregehalt der Lösung. Während der Extrahirung, die wenigstens 24 Stunden dauert, lässt nun die Salzsäure, selbst bei gewöhnlicher Temperatur, das Glycogen nicht ganz unangetastet, sondern bildet etwas Zucker. Die Anwendung des phosphorwolframsauren Natrons verbietet sich auch noch dadurch, dass es mit Alkohol eine Fällung gibt und also dem Glycogen beigemengt bleiben würde.

Das Sublimat empfiehlt sich daher am meisten. Verwendet man aber eine gesättigte wässerige Sublimatlösung zum Extrahiren der Leber, so hat man den Uebelstand, dass nicht immer leicht filtrirbare Flüssigkeiten erhalten werden. Diesem wird gänzlich abgeholfen durch eine Combination mit der bekannten Esbach'-

1) Zeitschr. f. Biol. 26. 346.

schen Lösung. Ich verwendete eine Mischung von gleichen Volumina gesättigter Sublimatlösung und Esbach'schem Reagens (10 gr Pikrinsäure und 20 gr Citronensäure : 1 Liter). Mit dieser Mischung wurde die Leber mit Sand möglichst fein zerrieben und 24 Stunden unter häufigem Umschütteln stehen gelassen. Der abfiltrirte Rückstand wurde nochmals mit einer kleinen Menge Flüssigkeit extrahirt und die vereinigten Filtrate mit Alkohol gefällt. Das ausgeschiedene Glycogen, mit Alkohol und mit Alkohol-Aether gewaschen und dann getrocknet, war schneeweiss und nach der oben angegebenen Methode untersucht vollkommen eiweissfrei. In 1 gr war keine Spur Eiweiss nachzuweisen. Drei Aschebestimmungen ergaben 0,62—0,70—0,80 %, im Mittel 0,71 % Asche. Külz erhielt bei 13 Bestimmungen 7 Mal weniger (0,19—0,66) und 6 Mal mehr (0,81—1,72)[1]. Der Aschegehalt ist also nicht ausserordentlich hoch.

Wenn also nach dieser Methode mit leichter Mühe eiweissfreies Glycogen aus der Leber extrahirt werden kann, so liegt die Frage auf der Hand, ob dieselbe nicht auch für quantitative Bestimmung verwendbar sei. Die gewöhnliche Bestimmung nach Brücke-Külz, so vortrefflich sie sonst ist, ist ja, wie Jedermann, der sich damit befasst hat, aus Erfahrung weiss, ziemlich umständlich, und eine leichtere und schnellere quantitative Glycogenbestimmung würde keine überflüssige Zugabe zu unserem analytischen Armamentarium sein.

Leider muss ich bekennen, dass die Versuche, welche ich in dieser Richtung angestellt habe, keine befriedigenden Resultate ergeben haben. Es wurde folgenderweise verfahren. Eine Kaninchenleber wurde schnell fein zerhackt und von der gleichmässig gemischten Masse zwei Portionen gleichzeitig abgewogen. Eine gewisse postmortale Zuckerbildung fand hierbei allerdings statt, doch da es sich hier nur um Vergleichung handelte und nicht um den absoluten Glycogengehalt der Leber, hatte dieselbe hier keine Bedeutung. Die eine Portion wurde genau nach Brücke-Külz behandelt. Die andere wurde mit der Sublimatmischung mit feinstem Sand sorfältig verrieben, und 24 Stunden kalt extrahirt. Das Ver-

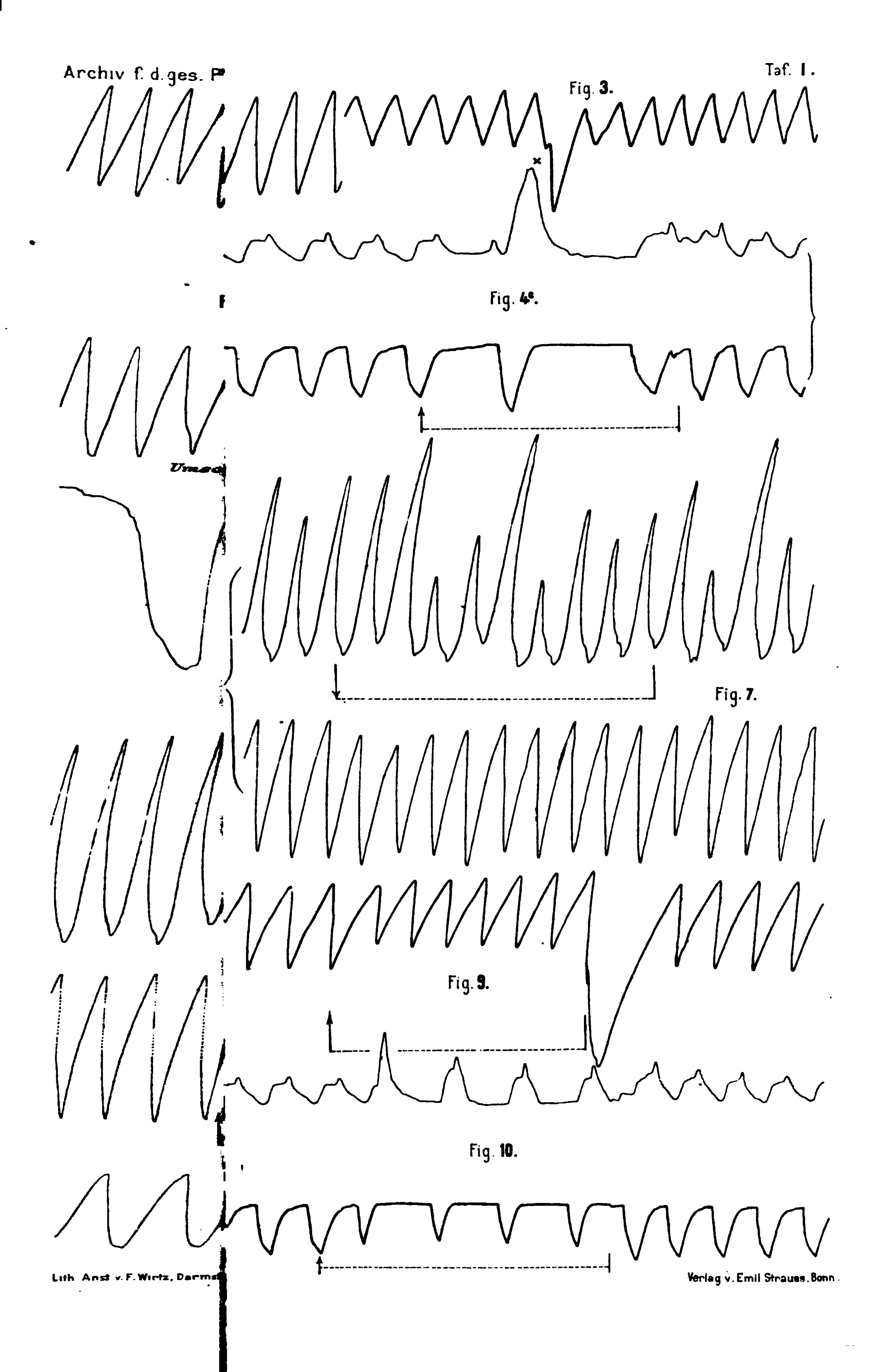
---

1) Zeitschr. f. Biol. 22. 185. Eine Aschenbestimmung von Külz, die den hohen Gehalt von 4,48 % ergab, habe ich ausser Berechnung gelassen.

reiben und Extrahiren wurde noch dreimal mit kleinen Mengen Flüssigkeit wiederholt, um die mechanische Zertrümmerung der Zellen und die Aufschliessung des Glycogens möglichst vollständig zu machen. Schliesslich wurde das Glycogen mit Alkohol gefällt, gewaschen und gewogen. Der so erhaltene procentisch berechnete Gehalt blieb aber immer bedeutend hinter dem nach Külz bestimmten zurück. In drei Versuchen wurde mit der Sublimatmischung erhalten: 78—86—89 % von dem nach Külz bestimmten Glycogengehalt. Es bleibt also eine bedeutende Menge Glycogen unausgezogen in der Leber zurück, dasselbe Resultat, das schon Weidenbaum[1]) und Saake[2]) bei ihrer Kritik der Fränkel-schen Bestimmungsmethode erhielten. Zur quantitativen Glycogenbestimmung können wir also vorläufig die Extraction bei hoher Temperatur und die chemische Zerstörung des Gewebes durch Kali nicht entbehren und bleiben auf die bewährte Külz'sche Methode angewiesen. Die Sublimat-Esbach-Mischung ist nur für die Darstellung verwendbar, liefert dann aber auch ohne viele Mühe ein sehr reines Product.

---

1) l. c. 54. 319. 55. 385.
2) Zeitschr. f. Biol. 29. 429.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darms[illegible]

Verlag v. Emil Strauss, Bonn.

(Aus dem physiologischen Institut in Göttingen.)

Untersuchungen über den Lungenvagus.

Von

Dr. **Heinr. Boruttau,**
Assistenten und Privatdozenten.

(Hierzu Tafel I, II und III.)

Die Erscheinungen, welche für die Beziehungen des N. vagus zur Athmung in Betracht kommen, sind, wie schon lange bekannt, bei verschiedenen Thierarten nicht vollständig die gleichen. Während die meisten, in den letzten Jahren fast alle, hierhergehörigen Untersuchungen an Kaninchen angestellt worden sind und die Ergebnisse derselben grossentheils als feststehend betrachtet werden können, sind bei weitem abweichende und zum Theil einander widersprechende Erscheinungen sowohl bezüglich der Vagusreizung wie bezüglich der beiderseitigen Vagusdurchschneidung beim Hunde erhalten worden. Diese waren es, welche den Ausgangspunkt zahlreicher Versuche bildeten, die ich, grösstentheils in Gemeinschaft mit Herrn cand. med. Fricke im Winter 1894/95 an Hunden, Katzen und Kaninchen, sowie einer Ziege angestellt habe. Die Ergebnisse derselben enthielten manche theils neue, theils die weniger bekannten Versuchsresultate anderer Autoren bestätigende Thatsachen und ergaben eine so klare Einsicht in die den in Rede stehenden Thierarten gemeinsame Bedeutung des Lungenvagus, dass trotz der bereits so grossen Menge der Veröffentlichungen auf diesem Gebiete es sich rechtfertigen lassen dürfte, dieselben im Folgenden mitzutheilen. Es sollen dabei erst die durch Vagusreizung zu erzielenden Wirkungen auf die Athmung besprochen werden, sodann die durch die beiderseitige Vagusdurchschneidung erzeugten Ausfallserscheinungen und Lungenveränderungen. Da eine vollständige Zusammenstellung der neueren hierhergehörigen Literatur fehlt und ich durch die vorliegenden Untersuchungen veranlasst wurde, eine solche vorzunehmen, so gebe ich dieselbe am Schlusse wieder, mit dem Bemerken, dass ich nach Möglichkeit

alle Arbeiten berücksichtigt habe, welche die Beziehungen des N. vagus zur Athmung entweder selbst behandeln oder näher damit zusammenhängen, während diejenigen Veröffentlichungen nicht aufgezählt werden konnten, in welchen diese Beziehungen nur beiläufig erwähnt sind.

I.

Die widersprechenden Resultate der fast ausschliesslich an Kaninchen angestellten elektrischen Reizversuche an den centripetalen, reflektorisch die Athmung beeinflussenden Vagusfasern führten bekanntlich zur Berücksichtigung bestimmter, bei diesen Versuchen möglicher Fehlerquellen — Stromschleifen und unipolare Abgleichungen auf den N. laryngeus superior (Rosenthal) und phrenicus (Gad), — sowie zur Aufsuchung von zunächst in den Versuchsthieren selbst gelegenen Faktoren, welche für die Art des Reizeffektes (ob inspiratorisch bezw. beschleunigend oder exspiratorisch bezw. verlangsamend) maassgebend sein sollten: Thierart, Geschlecht, veränderlicher, insbesondere durch Narkotika verschieden beeinflusster Zustand der Centralorgane. Dem gegenüber gebührt Grützner[1]) und Langendorff[2]) das Verdienst, zuerst auf die wichtige Bedeutung der Art des Reizes für den auf die Athmung zu erzielenden Effekt hingewiesen und in dieser Richtung Untersuchungen angestellt zu haben, welche sich auf Anwendung mechanischer, thermischer und chemischer Einwirkungen, sowie konstanter Kettenströme, statt der bis dahin allein angewendeten Induktionsströme bezogen. Bevor ich dazu übergehe, die im Anschluss hieran von uns angestellten Versuche und aus denselben zu entwickelnden Vorstellungen zu besprechen, bemerke ich hinsichtlich der vorher erwähnten, in den Versuchsthieren selbst zu suchenden Faktoren, dass wir unbeschadet der Bedeutung der Art des Reizes, die Mitwirkung dieser Faktoren grossentheils haben bestätigen können, indem je nach der Art und dem Zustand des Thieres bald die inspiratorischen, bald die exspiratorischen Effekte leichter und ausgesprochener erhalten wurden, jedesmal bei

---

1) Pflüger's Arch. XVII, S. 250. LVII, S. 98.

2) Mittheilungen aus dem Königsb. physiolog. Labor., S. 50—55. Pflüger's Arch. LIX, S. 201.

Anwendung derjenigen, weiter unten zu erörternden Art der Reizung, die als solche ausschliesslich inspiratorisch bezw. exspiratorisch wirkt.

Während z. B. bei den meisten Kaninchen die inspiratorische Beschleunigung oder der Stillstand der Athemmuskeln in Inspirationsstellung leichter zu erhalten ist, als die exspiratorische Wirkung, fanden wir einzelne Exemplare, bei welchen die inspiratorische Wirkung nur schwer, fast stets dagegen exspiratorische Wirkung erhalten wurde; auch beobachtete ich, wie Meltzer[1]), dass die inspiratorischen Wirkungen bei männlichen, die exspiratorischen bei weiblichen Kaninchen besser ausgesprochen sind. Bei Katzen ist die exspiratorische Wirkung regelmässig die leichter zu erzielende, ebenso wie beim Hund, was ausser den Ergebnissen älterer Arbeiten (Arloing und Tripier, P. Bert) auch den ganz neuerdings gemachten Angaben von Kauders[2]) entspricht. Auch wechselte die überwiegende Wirkung bei demselben Thiere im Laufe der Versuche, eine Erscheinung, die wohl mit Recht Veranlassung gegeben hat, die in Rede stehenden Unterschiede auf den Zustand der Nervencentra, nicht der Vagusfasern zurückzuführen; für diese Anschauung spricht aber vor allem der Einfluss narkotischer Gifte, besonders des Chlorals. Die Begünstigung der exspiratorischen Wirkungen durch tiefe Chloralnarkose fand ich, wie früher Fredericq[3]), Christiani[4]) und Langendorff[5]), sehr ausgesprochen. Dieser Umstand veranlasste uns, die Reizversuche meist an nicht narkotisirten Thieren anzustellen, um die Bedeutung der Art des Reizes möglichst von den andern Faktoren zu sondern[6]). Zur sichern Erkenntniss dieser Bedeutung ist

1) Centralbl. f. d. med. Wiss. 1882, S. 497.

2) Pflügers Arch. LVII, S. 333.

3) Bull. de l'acad. de Belgique (2) 47, p. 24.

4) Monatsber. d. Berl. Ak., 1881, S. 222.

5) du Bois' Arch., 1881, S. 526.

6) In diesem Sinne äussern sich mit Recht Pawlow und Schumowa in einer erst ganz kürzlich erschienenen Arbeit (s. weiter unten S. 113. Anm.) dahin, dass durch die heute allgemein übliche übermässige Anwendung der narkotischen Gifte die zu beobachtenden physiologischen Erscheinungen durchweg stark entstellt werden. Ich schliesse mich dem vollständig an und darf auch bemerken, dass im hiesigen Institut die zur Untersuchung und Demon-

ferner eine Versuchsmethodik nothwendig, welche die Art der Wirkung möglichst klar vor Augen führt.

Hierzu sind — wenn man von der direkten Inspektion ganz absieht — die verschiedenen gebräuchlichen Methoden graphischer Aufzeichnung der Athembewegungen in sehr verschiedenem Maasse geeignet, ein Umstand, dem bisher anscheinend nicht immer die nöthige Beachtung geschenkt wurde.

Diejenigen Methoden, bei welchen die Bewegungen eines bestimmten Muskels oder einer Muskelgruppe aufgezeichnet werden, z. B. des Zwerchfells oder der Thoraxmuskulatur, können kein vollständiges Bild des auf reflektorischem Wege durch die Vagusreizung erzielten Effektes geben, weil Bewegungen der einen Muskeln nicht gleichzeitig mit Bewegungen der anderen stattzufinden brauchen, ja die inspiratorische Wirkung der einen Muskelgruppe selbst durch gleichzeitige Aktivität der antagonistischen Exspirationsmuskeln ganz oder theilweise kompensirt werden kann[1]). Der Gesammteffekt aller in jedem Augenblicke auf den Thorax wirkenden bewegenden Kräfte lässt sich nur veranschaulichen durch Verbindung der Athemwege mit einer, die pulmonalen Volum- oder Druckschwankungen registrirenden Vorrichtung.

In dieser Hinsicht ist am gebräuchlichsten die Marey'sche Schreibkapsel, welche unter Einschaltung eines Luftreservoirs (Bert'sche oder Hering'sche Flasche) mit der Luftröhre des Versuchsthieres verbunden wird. Von dieser Methode haben auch wir gelegentlich Gebrauch gemacht; in der überwiegenden Zahl der an Kaninchen und Katzen angestellten Versuche benutzten wir dagegen den Athemvolumschreiber von Gad. Bei Hunden, für welche ein Volumschreiber von genügenden Dimensionen nicht zur Verfügung stand, registrirten wir entweder die pulmonalen Druckschwankungen, wie erwähnt, mit der Marey'schen

---

stration der wichtigen Funktionen bestimmten Thierversuche von jeher, wenn irgend möglich, ohne Narkose angestellt werden.

1) Vergl. übrigens hierüber Rosenthal (du Bois' Arch. 1880, Suppl.-Bd., 49.

Hier sei auch an die Versuche Marckwalds (Zeitschr. f. Biol., XXIII.) erinnert, bei welchen nach Durchschneidung beider Phrenici passive, von der Brustmuskulatur mitgetheilte Zwerchfellbewegungen registrirt wurden, deren Richtung in Bezug auf In- und Exspiration den aktiven Zwerchfellbewegungen entgegengesetzt war.

Kapsel, oder die Exkursionen der Thoraxwand durch einen in der Gegend der unteren Apertur um den Thorax gegürteten flachen Beutel aus weichem Kautschuk, der in bekannter Weise mit der Marey'schen Kapsel verbunden war[1]). Mehrfach nahmen wir mit zwei dieser Methoden gleichzeitig Kurven auf; so zeigt Fig. 4c auf Tafel I ein Beispiel der gleichzeitig registrirten Athemvolumschwankungen und Thoraxbewegungen beim Kaninchen, Fig. 4b die Registrirung der pulmonalen Volumschwankungen gleichzeitig mit den Zwerchfellbewegungen. Die Bedeutung der Bewegungsrichtung ist hierbei in den beiden Kurven die entgegengesetzte, indem je in der Druck- resp. Volumkurve der absteigende Schenkel Inspiration und der aufsteigende Exspiration bedeutet, dagegen in der Thorax- resp. Zwerchfellkurve umgekehrt der aufsteigende Schenkel inspiratorischen, und der absteigende exspiratorischen Sinn hat. Von der durch die Autoren viel benutzten Registrirung der Zwerchfellbewegungen haben wir nur bei einem Versuchsthier Gebrauch gemacht[2]), sonst aber deshalb nicht, weil wir die dazu nothwendige, wenn auch kleine Bauchwunde als komplizirenden Eingriff vermeiden wollten, besonders mit Rücksicht auf die Erhaltung und weitere Beobachtung der Thiere nach Durchschneidung beider Vagi.

Bei der Beschreibung der Reizversuche beginnen wir aus Gründen, die sich im Folgenden von selbst ergeben werden, mit der Anwendung der nicht elektrischen Einwirkungen. Hinsichtlich des Erfolges sämmtlicher Arten derselben, der mechanischen, thermischen und chemischen, geben Grützner[3]), Langendorff[4]) und Gad[5]) übereinstimmend an, stets nur exspiratorische, die Athmung verlangsamende oder ganz hemmende Wirkungen beobachtet zu haben. Wir können diese Angaben bestätigen hinsichtlich der chemischen Reizung, die wir mit Glycerin, konzentrirter Kochsalzlösung und Alkalilaugen vornahmen, sowie bezüglich der thermischen Einwirkungen: Applikation sehr heisser

1) Zuerst von Knoll angegebene Vorrichtung: Prager med. Woch., 1879.

2) Sie erfolgte hier durch Luftübertragung der Bewegungen eines improvisirten Zwerchfellhebels.

3) a. a. O.

4) Mittheilungen a. d. Königsb. Labor., S. 50—55.

5) du Bois' Arch., 1880, S. 11.

Flüssigkeit oder glühenden Metalls (Thermokauter). Dagegen fand ich die Angaben bezüglich ausschliesslich exspiratorischen Erfolges mechanischer Einwirkungen nicht bestätigt, ebensowenig wie die gegentheilige Angabe von Knoll[1]), dass „der primäre Effekt mechanischer Reizung stets inspiratorisch sei", indem unsere Versuche unzweideutig ein Resultat hatten derart, wie es früher bereits von Traube[2]) erhalten wurde, indem dieser beobachtete, dass „ein kurzer inspiratorischer Stillstand oder vielmehr eine tiefe Inspiration" eintritt, „wenn man den N. vagus mit der Scheere schnell durchschneidet" (und zwar zunächst den einen Vagus bei erhaltener Kontinuität des andern). Gerade in diesem Fall, bei präziser Durchschneidung mit scharfer Scheere, beobachten auch wir öfters vertiefte Inspiration oder Beschleunigung in Inspirationsstellung — wovon Figur 2[a] ein Beispiel an der Katze, Fig. 3 am Kaninchen giebt —, während Durchtrennung mit einem stumpfen Instrument, sowie Durchschnürung im Gegentheil, wie noch genauer erörtert werden wird, exspiratorischen Stillstand der Athmung herbeiführte. Dass bei der inspiratorischen Wirkung des Schnittes es sich um eine Täuschung durch elektrische Reizung infolge Ungleichartigkeit der Scheerenblätter gehandelt habe, wird höchst unwahrscheinlich durch das Ergebniss von Versuchen mit einem, mit Elfenbeinhammer versehenen, elektromagnetisch angetriebenen mechanischen Tetanomotor[3]). Die Wirkung der frequenten äusserst kurzen Schläge dieses Instruments auf den undurchschnittenen oder durchschnittenen Vagus war in den meisten Fällen, im Gegensatz zu den Angaben Langendorff's, evidente inspiratorische Beschleunigung, wovon in Fig. 1 ein Beispiel, herrührend von einer Katze, gegeben ist[4]). Selbstverständlich wurde durch Kontrollversuche ausgeschlossen, dass eine derart ausgesprochene Athemveränderung lediglich auf psychische Erregung des Thieres durch den Lärm des spielenden Instruments zurückzuführen gewesen wäre.

---

1) Berichte der Wien. Akad., math.-nat. Kl., LXXXVI, 3. Abth., S. 58.

2) Gesamm. Beitr. z. Pathol. u. Physiol., 1871, Bd. I, S. 188.

3) Das gleiche gilt für die Täuschung durch die noch zu besprechenden Ausfallerscheinungen.

4) Das gleiche beobachtete Knoll (a. a. O.), als er den Vagus mit einer schwingenden Darmsaite berührte.

Gegenüber diesen Wirkungen sehr schnell verlaufender mechanischer Einwirkungen fand ich den ausschliesslich exspiratorischen Effekt bestätigt für die Durchschnürung — wovon Fig. 2 b ein Beispiel giebt, welches sich bezieht auf Durchschnürung des centralen Stumpfes desselben Vagus, dessen schnelle Durchschneidung vorher die Kurve Fig. 2 a geliefert hatte —, sowie für dauernde Quetschung oder Zerrung, wie sie bei unvorsichtiger Präparation oder zu gewaltsamem Herausholen aus der Wunde vorkommen kann[1]).

Indem ich diesen Arten mechanischer Einwirkung die chemischen und thermischen Applikationen als kontinuirliche oder Dauer-Einwirkungen[2]) zur Seite stelle, glaube ich deshalb für den Erfolg nicht elektrischer Applikationen auf den Vagus aus unseren Versuchsergebnissen den Satz folgern zu dürfen, dass momentane Einwirkungen, einmalig (Schnitt) oder öfter wiederholt (Tetanomotor) inspiratorische, dagegen dauernde Einwirkungen exspiratorischen Erfolg hauen.

Durch eine hiermit übereinstimmende Vorstellung erhalten wir auch eine ungezwungene Deutung der Resultate elektrischer Vagusreizung, welche bei der Unsicherheit der Wirkung der fast ausschliesslich angewendeten Induktionsströme bis vor Kurzem von Vielen als jeder Erklärung unzugänglich angesehen wurden. Nachdem bereits vor einer Reihe von Jahren Grützner[3]) gefunden hatte, dass ein durch den centralen Stumpf des durchschnittenen Vagus in aufsteigender Richtung geleiteter konstanter Kettenstrom regelmässig bei seiner Schliessung und während seiner Dauer exspiratorischen Athmungsstillstand hervorruft, und dass die Oeffnung eines absteigenden Stroms ebenso wirkt, haben ganz neuerdings Langendorff und Oldag[4]) „das Verhalten der die Athmung beeinflussenden Vagusfasern gegen Ketten-

1) Die Betheiligung des Längsquerschnittstromes des Nerven bei diesen Wirkungen wird weiter unten noch zu besprechen sein.

2) Ich vermeide hier absichtlich den Ausdruck „Reizung“, da nach den herrschenden Ansichten demselben das Moment des Diskontinuirlichen, der Intensitätsschwankung, innewohnt.

3) Pflügers Arch., XVII, S. 248—49.

4) ibid., LIX, S. 201 ff.

ströme“ zum Gegenstand einer ausführlichen Untersuchung gemacht, welche erschien, als wir unsere Versuche bereits begonnen hatten und deren Resultate wir durch ausführliche Nachprüfung und Erweiterung, soweit als die Thatsachen in Betracht kommen, vollständig bestätigt fanden.

Zur Zuleitung der Ströme benutzten wir d'Arsonval'sche Chlorsilberelektroden in Hakenform; übrigens ist bei der mässigen Stärke der zu verwendenden Ströme Unpolarisirbarkeit der Zuleitungselektroden nicht unbedingtes Erforderniss, wogegen sehr viel darauf ankommt, dass dieselben sammt dem aufliegenden Nervenstumpf mit der Wunde in keinerlei Berührung stehen; insbesondere sind bei diesen Versuchen tiefliegende Elektroden in Hartgummihülle durchaus zu vermeiden, indem sonst die noch näher zu besprechenden Alterationen der Reizwirkungen durch Stromschleifen eintreten. Zur Erzielung der für die Kettenströme charakteristischen Wirkungen genügen mässige Stromstärken, welche wir, wie Langendorff durch 2 bis 6 Chromsäure-Elemente unter Einschaltung eines Stöpselrheostaten in Nebenschliessung hervorbrachten.

Wird ein derartiger konstanter Strom in aufsteigender Richtung durch das centrale Vagusende geleitet, so erfolgt beträchtliche Verlangsamung der Athmung bis zum Stillstand in Exspirationsstellung, welcher während der ganzen Durchströmungs-Dauer anhält. Wir konnten dies Verhalten an sämmtlichen von uns benutzten Thierarten konstatiren und wird solches durch Figg. 4, 5 und 6 für Kaninchen, Hund und Katze verdeutlicht[1]).

1) Die exspiratorischen Effekte bei allen elektrischen und nicht elektrischen Einwirkungen bestehen ausschliesslich in Hemmung der Thätigkeit der inspiratorischen Muskeln; aktive Exspiration ist sehr selten, sofern Stromschleifen vermieden werden, und mit Ausnahme des Hundes. Die Häufigkeit der aktiven Exspiration bei dieser Thierart wird bei den Ausfallserscheinungen noch näher erörtert werden.

Einen besondern Fall der Wirkung aufsteigender Durchströmung bilden die exspiratorischen Effekte durch Nebenschliessung des Längsquerschnittsstromes („Demarkationsstromes“) des durchschnittenen Vagus durch die feuchten Gewebe, auf welche Knoll (a. a. O.) durch ausführliche Versuche mit Recht die Aufmerksamkeit gelenkt hat. Dieselben können die inspiratorische Wirkung der Durchschneidung verdecken, wenn der Stumpf in die Wunde fällt. (Vergl. Gad, Lehrb., S. 411).

Durchströmung des centralen Vagusstumpfes durch einen absteigenden Strom ist oft ohne Wirkung; tritt eine solche ein, so besteht sie in einer vertieften, bez. verlängerten Inspiration im Augenblicke der Schliessung, die noch einigemal sich wiederholen kann, nicht aber während der ganzen Durchströmungsdauer (Fig. 7). Die Oeffnung (bez. Abblendung durch Kurzschluss) des aufsteigenden Stromes erzeugt oft inspiratorische (Fig. 8, 9, 10) und diejenige des absteigenden Stromes regelmässig exspiratorische Wirkung (Fig. 7), die sich durch das nunmehr alleinige Bestehen des polarisatorischen Nachstroms am einfachsten erklärt, welcher bekanntlich im Nerven, wie in jedem zersetzbaren Leiter dem polarisirenden Strome entgegengesetzt gerichtet ist.

Im Anschluss an die Wirkungen des konstanten Stromes angestellte Versuche mit unterbrochenen Kettenströmen hatten Langendorff und Oldag das Ergebniss geliefert, dass absteigend gerichteten unterbrochenen Kettenströmen unter allen Umständen inspiratorische Wirkung zukommt, dass aber dasselbe auch bei aufsteigenden unterbrochenen Strömen der Fall ist, wenn dieselben frequent und von kurzer Schliessungsdauer sind, sowie wenn das Versuchsthier (Kaninchen) nicht oder nur schwach (mit Chloralhydrat) narkotisirt ist. Dagegen erhielten sie exspiratorische Wirkung, wenn die Frequenz der Unterbrechung des aufsteigenden Stromes sehr gering und die Schliessungsdauer im Verhältniss zur Unterbrechungsdauer gross war, sowie bei tiefer Chloralnarkose. Von diesem letzten Punkte, der zu den anfangs besprochenen Faktoren gehört, ganz abgesehen, ersieht man leicht, dass diese Thatsachen, die wir vollständig bestätigt fanden — s. Fig. 11—14 — darauf hinausgehen, dass Stromstösse inspiratorisch, dauernde Durchströmung bei aufsteigender Richtung exspiratorisch wirken, worin sofort die Analogie zu den Effekten der nichtelektrischen Einwirkungen sich zeigt. Zur beliebig frequenten Unterbrechung der Kettenströme dienten uns die schon bei einer anderen Gelegenheit[1]) erwähnten, als automatische Wippen bezeichneten

1) Pflüger's Archiv, LVIII, S. 15.

Apparate, welche bei gekreuzter Drahtverbindung uns auch zu den weiter unten zu besprechenden Versuchen mit Wechselströmen dienten, und von denen der eine durch vertikale Verstellbarkeit der Quecksilbernäpfe die Möglichkeit bot, das Verhältniss der Schliessungs- zur Unterbrechungszeit beliebig zu verändern.

Indem Langendorff seine Versuchsergebnisse so deutet, dass, gleichgültig ob konstant oder unterbrochen, aufsteigende Ströme exspiratorisch und absteigende inspiratorisch wirken sollen, ist er genöthigt, unter der gleichzeitigen Annahme, dass beide Wirkungen von derselben Elektrode, nämlich der Kathode ausgehen, „der dem Centralorgan näheren Elektrode eine hemmende Wirkung, der entfernteren ein tetanisirendes Element“ zuzuschreiben, wofür ein Analogon in der ganzen Muskel- und Nervenphysiologie nicht vorliegt. Ueberdies sprechen seine Versuche mit gleichzeitiger und entgegengesetzt gerichteter Durchströmung beider centraler Vagusstümpfe vielmehr für die von uns oben angedeutete Erklärung, indem er in denselben bei konstantem Strom stets exspiratorische, bei unterbrochenem Strom stets inspiratorische Wirkung erhielt.

Unsere Vorstellung liess zunächst nur die eine Frage offen, warum beim aufsteigenden konstanten Strom dessen Dauer, beim absteigenden nur der Moment der Schliessung wirkt. Das nächstliegende war, da die Versuche Langendorff's und die, eine Wiederholung derselben bildenden unserigen am durchschnittenen Vagus angestellt waren, an eine Wirkung des Querschnitts zu denken. Reizversuche, welche wir nach übrigens gleicher Methode am undurchschnittenen Nerven ausführten, hatten nun das bemerkenswerth erscheinende Ergebniss, dass die Bedeutung der Stromrichtung für den Reizerfolg genau die umgekehrte wurde, wie bei Durchströmung des centralen Stumpfes. Vgl. Fig. 15—17.

Die Erklärung hierfür ergab sich indessen bald aus der von Rosenthal[1]) betonten Fehlerquelle, die beim undurchschnittenen, central und peripherisch mit dem Versuchsthier zusammenhängenden Nerven darin liegt, dass der durch zwei Elektroden zugeführte Strom entsprechend den Kirchhoff'schen Gesetzen sich verzweigt, indem ein Antheil die intrapolare Strecke durch-

1) du Bois' Arch., 1881, S. 62 ff.

läuft, ein anderer Zweig aber durch die extrapolaren Nervenstrecken und den Körper des Thieres seinen Weg nimmt, also für den Nerven in entgegengesetzter Richtung, wie der intrapolare Zweig. Ist nun die extrapolare Streckenlänge im Verhältniss zur intrapolaren nicht besonders gross, wie es bei Versuchen an kleineren Thieren meistens der Fall ist, berücksichtigt man ausserdem, dass der „fehlerhafte Stromzweig" in dem Thierkörper auch das Centralorgan durchfliesst, so ist die verkehrte Wirkung ohne weiteres verständlich. Die Richtigkeit dieses Sachverhalts ergab sich übrigens noch durch Versuche, in welchen der Nerv erst undurchschnitten gereizt wurde (Fig. 18), dann peripherisch von den Elektroden durchschnitten und wieder gereizt wurde (Fig. 19 *a* bis *c*), wobei die Wirkung sich umkehrte, und endlich der über der peripherischen Elektrode herabhängende Stumpf wieder in leitende Berührung mit der Wunde gebracht wurde: jedesmal, wenn während der Dauer dieser Berührung der Reizstrom applizirt wurde, zeigte sich die Wirkung (Fig. 20) der von Rosenthal so bezeichneten „falschen Nervenreizung"; zu welcher übrigens noch Vermischung der Wirkung mit Schmerzäusserungen trat, wie denn endlich zur Mitreizung anderer Nerven in diesem Falle Gelegenheit gegeben ist. Es beweisen diese Versuche jedenfalls a fortiori, dass dem aufsteigenden Strom als solchen die exspiratorisch-hemmende Dauerwirkung und dem absteigenden die inspiratorisch-erregende Schliessungswirkung zukommt. Zur Erklärung suchten wir nun diese Thatsache mit bekannten Sätzen der allgemeinen Nervenphysiologie, sowie mit den von mir anlässlich der Untersuchungen über das galvanische Erregungsphänomen des Nerven gemachten Erfahrungen in Verbindung zu bringen, indem wir uns fragten, von welcher Elektrode die Wirkungen ausgehen, und auf welchen in der allgemeinen Natur der Nervenfaser begründeten Thatsachen sie beruhen.

Die Ausdehnung der auf Grund gewisser Thatsachen der allgemeinen Muskelphysiologie von einigen Autoren gemachten Annahme, dass entsprechend der von der Kathode ausgehenden Erregungswirkung von der Anode aus eine Hemmungswirkung in erregbaren Geweben sich ausbreite, die Ausdehnung dieser Annahme auf den uns vorliegenden Fall erschien aus mehreren Gründen unthunlich: einmal, weil es sich hier um reflektorisch durch die uns unbekannten Vorgänge im Centralorgan vermittelte

Wirkungen handelt, hauptsächlich aber, weil bei dem, eben gerade exspiratorisch wirkenden aufsteigenden Strom die Anode die vom Centralorgan entferntere Elektrode ist, beim absteigenden Strom dagegen, wo die Anode dem Centralorgan zunächst liegt, während der Durchströmung keine Hemmungswirkungen auftreten. Diese Thatsachen weisen vielmehr darauf hin, dass, wie auch Langendorff annimmt, beide Arten der Wirkung von demselben Pole, nämlich der Kathode, ausgehen. Die Richtigkeit dieser Vorstellung noch besonders zu beweisen gelang uns mit Hülfe der sonst im allgemeinen wegen ihrer Fehlerquellen in der Physiologie zu vermeidenden Methode, welche darin besteht, dass nur eine Elektrode dem undurchschnittenen Nerven angelegt wird, während der andere Pol der Kette durch eine plattenförmige Elektrode von grosser Oberfläche mit der wohlbefeuchteten Haut des Thieres verbunden wird: da, dem kleinen Querschnitt entsprechend, die Stromdichte an der einen, dem Nerven anliegenden Elektrode unvergleichlich grösser ist, als an der anderen, der Körperoberfläche anliegenden, so kommt fast nur die Wirkung der ersteren in Betracht, die deshalb in der Elektrotherapie auch als „differente" Elektrode im Gegensatz zu der „indifferenten" Plattenelektrode bezeichnet wird. Es zeigte sich nun eine deutliche exspiratorische Wirkung der andauernden Durchströmung nur dann, wenn die differente Elektrode Kathode war, während jede Wirkung fehlte, wenn sie zur Anode gemacht wurde (Beispiel s. Fig. 21 *a*, *b*). Wurde der Nerv peripherisch von der „differenten" Elektrode durchschnitten, so trat sofort das umgekehrte ein, indem eben im ersten Fall der centrale Nervenstumpf absteigend, im zweiten Fall aufsteigend durchströmt war[1]. (Fig. 22.) Versuche, die Bedeutung der beiden Elektroden durch wirklich „unipolare" Applikation festzustellen, indem der eine Pol der Kette dem Nerven des durch Hartkautschukunterlage vollständig isolirten Thieres angelegt, der andere Pol mit der Erde verbunden wurde, blieben bei der von uns benutzten Anzahl der galvanischen Elemente ohne jedes Ergebniss.

Nachdem immerhin die Bedeutung der Kathode als aus-

---

1) Nach dieser Methode führten Langendorff und Oldag einen Theil ihrer Versuche aus. (a. a. O., S. 205).

schliesslich wirksamer Pol ausser jeden Zweifel gestellt ist, lassen die in Rede stehenden Thatsachen nur die eine Deutung zu, dass die während der ganzen Dauer der Durchströmung von der Kathode ausgehenden Wirkungen es sind, welche, bis zum Centralorgan reichend, die exspiratorischen Effekte veranlassen, dass dagegen der im Augenblicke des Stromschlusses von der Kathode ausgehende wellenförmige elektrische Vorgang es ist, welcher die inspiratorische Wirkung hervorbringt. Mit anderen Worten: die beim „Entstehen des Katelektrotonus" auftretende katelektrotonische Welle oder „Negativitätswelle" wirkt inspiratorisch[1]), der während der Dauer der Durchströmung sich extrapolar ausbreitende „katelektrotonische Strom" exspiratorisch.

So wird es erklärlich, warum einigermaassen frequent unterbrochene und kurzdauernde aufsteigende Ströme inspiratorisch wirken; zur Erklärung der gleichen Wirkung der unterbrochenen absteigenden Ströme, sowie der Schliessung des konstanten absteigenden Stromes sei daran erinnert, dass, wie ich gezeigt habe[2]), die von der Kathode ausgehende Negativitätswelle sich schneller fortpflanzt bezw. früher entsteht, als die von der Anode ausgehenden extrapolaren Wirkungen; es wird somit bei den absteigenden unterbrochenen Strömen, dieser, inspiratorisch wirkende Vorgang jedesmal vor Entstehen des Anelektrotonus „unter der Anode durchgehen", wie ich mich ausdrückte, und auf das Centralorgan wirken. Beim absteigenden constanten Strom ist es nur eine von der Kathode ausgehende Negativitätswelle, die im Moment der Schliessung unter der Anode weg nach dem Centrum läuft. Dass aufsteigende unterbrochene Ströme auch exspiratorisch wirken können, besonders wenn die jedesmalige Schliessungsdauer relativ lang ist, leuchtet ein, indem das Moment der katelektrotonischen „festen Polarisation" über dasjenige der „Negativitätswellen" die Oberhand gewinnt. Dass

1) Wir können anschliessend an das von Langendorff der vom Centralorgann entfernteren Elektrode zugeschriebene „tetanisirende Element" sagen: sie wirkt „reflektorisch tetanisirend".

2) a. a. O. S. 45.

ceteris paribus in diesem Falle bei verschiedenen Thieren und in verschiedenem Zustande derselben (Narkose) bald die eine, bald die andere Wirkung erhalten werden kann, erklärt sich ebenfalls leicht aus dem Zusammenwirken der beiden in Rede stehenden Momente mit den in Art und Zustand des Thieres gegebenen Faktoren, welche bald dem einen, bald dem andern Moment zum Ueberwiegen verhelfen. Genau das gleiche gilt endlich für den in bekannter Weise wechselnden Erfolg der induzirten Wechselströme, wozu, wenn dieselben durch ein Schlitteninduktorium mit Wagner'schem Hammer erzeugt werden, noch ihre Inkongruenz und unbeherrschbare Ungleichmässigkeit kommt. Die kongruenten Wechselströme des Sinusinduktors, sowie kurze, frequente, durch Vermittlung der „automatischen Wippe" die Richtung wechselnde Kettenströme ergaben mir durchgehends inspiratorische Wirkungen, wovon Fig. 23 und 24 am Kaninchen gewonnene Beispiele zeigen. Für gleichgerichtete Induktionsströme gilt, wie selbstverständlich, dasselbe, wie für kurze frequente Kettenströme der entsprechenden Richtung[1]). Einzelne Induktionsschläge ergaben bei mässigen Stärken, wie auch Langendorff angiebt, gar keine, oder aber kurzdauernd inspiratorische Wirkung. Die Angaben von Wedenskii[2]), welcher mit solchen einzelnen Induktionsschlägen reizte, über die Bedeutung der Phase der natürlichen Athmung für den Reizerfolg konnte ich nicht bestätigen.

Die Bedeutung unserer Versuchsergebnisse scheint mir darin zu liegen, dass sie einerseits durch die Analogie der Effekte elektrischer und nicht elektrischer Reizung die allgemeine Anschauung zu stützen geignet sind, dass das Wesen der Nerventhätigkeit in den aus der Struktur der Nerven als Kernleiter erklärbaren elektrischen Erscheinungen beruht, und dass sie andererseits aus allgemein nervenphysiologischen Gesichtspunkten die anscheinend so vieldeutigen Effekte der Vagusreizung auf die Athmung zu erklären vermögen, und zwar ohne die Nothwendigkeit, zwei verschiedene Faserkategorien für die inspiratorischen und die exspi-

---

1) Knoll (a. a. O.) betonte bereits die Bedeutung der Richtung gleichgerichteter Induktionsströme unter Hinweis auf Grützner's Mittheilungen, aber ohne selbst etwas über die Bedeutung der Richtung für die Art des Reizesfolges auszusagen.

1) Pflüger's Archiv, XXVII, S. 1—21.

ratorischen Wirkungen anzunehmen. Auf die Vorstellungen, welche über die, diesen Erscheinungen zu Grunde liegenden Vorgänge in den Centralorganen gebildet werden können, verzichteten wir einzugehen, indem hieraus die Nothwendigkeit erwachsen würde, auf die so zahlreichen Arbeiten über die Athemcentren literarisch und experimentell zurückzugreifen, was die Grenzen unserer Aufgabe zu sehr überschreiten würde. Zu dieser Beschränkung glaubten wir um so mehr berechtigt zu sein, als auf Grund der von uns gebildeten Vorstellung auch die Untersuchung der bei der normalen Respiration stattfindenden Funktionen des Vagus genügend ermöglicht erschien.

In dieser Beziehung sei erinnert an die bekannten Versuche von Hering und Breuer[1]), welche zu dem Ergebniss führten, das Aufblasung der Lunge exspiratorisch, Zusammenfallen derselben inspiratorisch wirkt, so lange die Nn. vagi erhalten sind, worauf diese Autoren ihre Theorie von der sog. Selbststeuerung der Athmung durch den N. vagus begründeten. Wir dürfen nunmehr wohl um so eher mit Hering und Breuer die Dehnung der Vagusfasern bei der künstlichen Lungenaufblasung und der natürlichen Inspiration als ein exspiratorisch wirkendes Moment auffassen, als wir diesen exspiratorischen Effect allgemein den mechanischen Dauer-Einwirkungen auf den Vagusstamm (Dehnung, dauernde Kompression) folgen sahen, an welche die Dehnung der in der Lunge sich verzweigenden Vagusfasern sich doch eben anschliesst.

Wir hatten oft Gelegenheit, die exspiratorische Wirkung, resp. Athempause nach Aufblasung der Lunge oder blossem Verschluss der eingelegten Trachealkanüle auf der Höhe der Inspiration selbst zu bestätigen, ebenso auch die inspiratorische Wirkung des Zusammenfallens der Lungen bei Eröffnung der Pleurahöhlen. Worin in diesem Falle das inspirationserregende, „tetanisirende" Moment zu suchen sei, darüber lässt sich wohl kaum schon etwas Bestimmtes aussagen; dagegen müssen wir auf Grund der jetzt zu besprechenden Versuche mit beiderseitiger Vagusdurchtrennung behaupten, dass beide Momente, das exspiratorisch-hemmende der Lungendehnung und das inspiratorisch wirkende

1) Ber. der Wien. Akad., math.-nat. Kl., Bd. LVII, 2. Ath., S. 672 ff., Bd. LVIII, 2. Abth., S. 909 ff., 1868.

der Lungenschrumpfung im Sinne der Hering-Breuer'schen Theorie regulirend, „steuernd", bei der normalen Athmung betheiligt sind, wobei wiederum je nach Art und Zustand des Thieres das eine oder das andere Moment überwiegen kann, indem je nach diesen Faktoren das Gesammtbild der Erscheinungen nach Ausschaltung beider Vagi verschieden ist. Diese Auschauung stimmt überein mit den ganz neuerdings von Schiff[1]) entwickelten Vorstellungen.

II.

Wie schon früher Breuer[2]) und Gad[3]), und neuerdings wieder Schiff[4]) hervorgehoben haben, ist zur Erkenntniss der Bedeutung des Vagus für die normale Athmung die Ergänzung der Reizversuche durch die Erforschung der bei Vaguslähmung zu beobachtenden Ausfallserscheinungen unbedingt nothwendig, und zwar unter Ausschliessung komplizirender Nebenumstände, zu welchen vor allen die Reizung durch den Akt der Durchtrennung selbst gehört. Die Annahme von Kohts und Tiegel[5]), dass die, besonders beim Hunde schon lange bekannte, auf doppelte Vagusdurchschneidung eintretende starke Verlangsamung der Athmung, verbunden mit mehr oder weniger ausgesprochenen Athempausen, ausschliesslich durch den mit der Durchtrennung verbundenen Reiz verursacht sei, erscheint schon desshalb unberechtigt, weil, wie wir sahen, die Durchtrennung, als Schnitt rasch und präzise ausgeführt, inspiratorisch wirkt. An eine dauernde Reizung durch den Längsquerschnittstrom des in der Wunde liegenden Nerven ist darum nicht zu denken, weil der durchschnittene Nerv diese elektromotorische Eigenschaft jedenfalls in kürzerer Zeit verliert, als der bisher beobachteten Dauer der verlangsamten Athmung bei lange am Leben erhaltenen, beiderseitig vagotomirten Hunden entspricht. Auf die Angaben, dass in diesen

---

1) Gesamm. Beitr. zur Physiologie, Bd. I, S. 74.
2) a. a. O., S. 672.
3) du Bois' Archiv, 1880, S. 9.
4) a. a. O., S. 99.
5) Pflüger's Archiv, XIII, S. 87—93.

Fällen bisweilen die Athmung wieder normale Frequenz erreicht habe, werde ich weiter unten zurückkommen.

Zur Ausschliessung nun aller Reizerscheinungen bei der Durchtrennung hat Gad[1]) sich der Aufhebung der Leitung in den Nn. vagi durch Abkühlung derselben unter dem Gefrierpunkt bedient. Dass dabei in der That keine Reizung stattfindet, ist sowohl durch Gad selbst, wie auch durch Knoll[2]) bewiesen, welche die Applikation von Kälte auf den centralen Vagusstumpf ohne jede Wirkung auf die Athmung bleiben sahen. Dass die Ausschaltung der normalen Funktionen des Vagus auf die Athmung eine vollständige ist, erhellt daraus, dass Durchschneidung der Vagi peripher von der abgekühlten Stelle nichts weiter an der Athmungskurve ändert. Dieses letztere ist nun aber nach unseren Erfahrungen bereits dann der Fall, wenn die Abkühlung des Nerven bei weitem nicht den Gefrierpunkt erreicht; eine Thatsache, welche, und zwar auch speziell für den Vagus, neuerdings schon von Howell[3]) gefunden wurde, und mit der älteren Angabe Grützner's[4]) übereinstimmt, dass ganz allgemein sowohl die centrifugalen wie centripetalen Warmblüternerven bereits zwischen 0 und + 6° keinen Reizeffekt an ihren Erfolgsorganen mehr hervorrufen. Dieser Umstand ist aber noch in einer anderen Beziehung bedeutungsvoll, insofern nämlich die Wiederherstellung der Leitung durch Wiedererwärmen des Nerven um so schwieriger und unsicherer gelingt, je stärker der Nerv abgekühlt war. Während diese Wiederherstellung der Leitung durch Aufthauen beim hartgefrorenen Nerven bisweilen misslang, vermochten wir die Regulirung der Athmung durch die Vagi vermittelst mässiger Abkühlung bei allen drei Thierarten, Hunden, Kaninchen und Katzen drei bis viermal hintereinander auszuschalten und wiederherzustellen[5]). Auf die Grundlagen dieser Erscheinungen näher einzugehen verzichte ich hier, wir sind mit weiteren Untersuchungen darüber beschäftigt.

---

1) a. a. O., S. 12 ff.

2) Wien. Acad.-Ber., LXXXVI, 3. Abth., S. 62.

3) Journ. of. Physiol., XVI, 298—318.

4) a. a. O., S. 237.

5) Marckwald (a. a. O., S. 168), welcher die Gad'sche Methodik auf die Ausschaltung des (motorischen) Phrenicus übertrug, giebt an, dass die Wiederherstellung der Leitung nur dann gelang, wenn dieser Nerv nicht stärker als —2° abgekühlt war.

Die Veränderungen der Athmung nun, welche auf die reizlose Ausschaltung beider Vagi nach der in Rede stehenden Methode folgen, sind bisher nur am Kaninchen genauer beobachtet, indem Gad darüber folgendes angiebt: Unmittelbar nach dem Auflegen des zweiten Vagus auf den abgekühlten Draht ist die nächste Einathmung stark verlängert und vertieft; und das gleiche gilt von allen weiteren Inspirationen, so dass entweder geradezu Stillstand in Inspirationsstellung, oder Verlängerung der inspiratorischen Phase bei jedem Athemzuge an der Athem-Volumkurve zu erkennen ist[1]), wobei die nach unten gerichteten inspiratorischen „Thäler" tiefer liegen als vor dem Eingriff; dagegen erreichen die inspiratorischen, nach oben gerichteten Zacken nach Angabe Gad's nicht mehr das frühere Niveau, wobei auch die Dauer der exspiratorischen Phase verkürzt sein kann. Es findet also eine Verschiebung der ganzen Athemvolumkurve nach unten, somit eine „Verschiebung der respiratorischen Mittellage des Thorax im inspiratorischen Sinne" statt.[2]) Gad deutet diese Erscheinung dahin, dass durch die Ausschaltung beider Vagi nur der hemmende Einfluss, den die Lungendehnung bei jeder normalen Inspiration durch Vermittlung der Vagi ausübe, in Fortfall komme, so dass jede Inspiration so lange dauere, bis sie durch, nicht näher angegebene, in den Centren selbst entstandene Einflüsse unterbrochen werde. Diese Unterbrechung sei aber nur von kurzer Dauer, und werde früher, als in der Norm durch den Erregungszustand des Inspirationscentrums überwunden, wie aus der Kurve zu ersehen sei. Dagegen leugnet Gad auf Grund derselben, dass bei der normalen Athmung inspirationserregende Wirkungen den Centren durch die Vagi übermittelt werden, da sonst nach Fortfall derselben die exspiratorischen Phasen verlängert, statt verkürzt sein, und die exspiratorischen Gipfel das normale Niveau erreichen müssten.

Wir fanden in unseren zunächst an Kaninchen unter

1) „absolute" oder „relative inspiratorische Athempause" nach Gad's Bezeichnungsweise.

2) Schiff (a. a. O.) bezeichnet zweckmässig den Vorgang als „Vergrösserung des Werthes Residualluft + Reserveluft".

genauer Einhaltung der Gad'schen Methodik ausgeführten Versuchen (siehe Fig. 25—27), die Vertiefung und Verlängerung der Einathmungen vollkommen bestätigt; dagegen sahen wir die exspiratorischen Phasen nur kurze Zeit nach der Durchfrierung gegen die Norm verflacht und verkürzt; vielmehr erreichten die nach oben gerichteten exspiratorischen Zacken früher oder später stets die gleiche Höhe, wie vor der Durchfrierung der Vagi, und die Dauer der exspiratorischen Phasen war die gleiche wie vorher, oder selbst noch grösser, so dass exspiratorische Pausen zu erkennen waren[1]). Obgleich wir also die „Verschiebung der respiratorischen Mittellage im inspiratorischen Sinne" bestätigen können, so müssen wir doch, gegenüber Gad, aus unseren Kurven schliessen, dass bei der normalen Athmung sowohl die Thätigkeit der Inspirationsmuskeln hemmende als auch inspirationserregende Einflüsse dem (inspiratorischen) Athemcentrum durch die Nn. vagi zugeleitet werden, aus deren Fortfall nach der „reizlosen Ausschaltung" sich das gleichzeitige Auftreten verlängerter Inspirationen und exspiratorischer Pausen erklärt. Immerhin ist die Thatsache höchst bemerkenswerth, dass je nach der Individualität die Kurve bei Vagusausschaltung sich bei verschiedenen Thieren derselben Art nicht völlig gleich gestaltet, woraus folgt, dass auch bei der normalen Athmung die dem Inspirationscentrum durch die Vagi zugeleiteten, einerseits hemmenden und andererseits anregenden Wirkungen schon bei verschiedenen Individuen derselben Thierart (Kaninchen) in verschiedenem Zustande und verschiedenem Maasse überwiegen[2]). In noch höherem Grade zeigt sich diese Verschiedenheit bei ver-

---

1) Dabei hatten wir Reizung durch Zerrung u. s. w. aufs sorgfältigste ausgeschlossen. Durchschneidung der Vagi peripher von den abgekühlten Stellen änderte auch nicht das geringste an der Kurve, gleichgültig ob die Abkühlung unter 0° erfolgt war oder nicht.

2) Hierdurch möchte ich auch den Unterschied zwischen Gad's und meinen Beobachtungen erklären, zwischen denen diejenigen von Lindhagen (Skand. Arch. f. Physiol. IV) in der Mitte stehen. Ohne Zweifel spielen auch bei der Gestaltung der Ausfallserscheinungen etwa angewendete Narkotika eine Rolle, so das Chloralhydrat, welches schon beim nicht vagotomirten Kaninchen exspiratorische Pausen macht (Gad a. a. O. S. 6).

schiedenen Thierarten, wie aus den nunmehr zu beschreibenden, von uns an Katzen und Hunden bei „reizloser Vagusausschaltung“ erhaltenen Ergebnissen folgt.

Hierbei ist indessen noch ein wichtiger, bereits weiter oben angedeuteter Umstand zu beachten, welcher bis jetzt vielleicht nirgends genügend berücksichtigt wurde. Es ist dies die aktive Betheiligung der exspiratorischen Muskeln an der Phase der Ausathmung, welche wir in Uebereinstimmung mit mehreren Autoren auf die Thätigkeit eines vom inspiratorischen Athemcentrum besonders zu unterscheidenden Exspirationscentrums zurückführen möchten.

Das Auftreten „aktiver Exspirationen“, welches in der Kurve hauptsächlich daran kenntlich ist, dass die exspiratorischen Zacken das normale Niveau (und zwar bedeutend) übersteigen, ist von Sigmund Mayer[1]) als bezeichnend für den Athmungstypus nach bilateraler Vagotomie hingestellt worden. Nach unseren, sowohl aus der Betrachtung der Kurven, wie auch aus sorgfältiger Inspektion der Thiere und Berücksichtigung des Athemgeräusches geschöpften Erfahrungen, müssen wir das Auftreten aktiver Betheiligung der Exspirationsmuskeln, nach wie vor bilateraler Vagusausschaltung, als seltenes Vorkommniss bezeichnen beim Kaninchen, dagegen als fast regelmässiges bei dem, später zu besprechenden Hunde, endlich als ziemlich häufiges bei der Katze.

Bei diesem Thier ergab die, wie beim Kaninchen durch Auflegen auf abgekühlte Drähte bewirkte reizlose Ausschaltung der Vagi eine sofortige und bleibende Vertiefung und mässige Verlängerung der inspiratorischen Phasen; wirkliche inspiratorische Pausen habe ich bei der Katze nur selten gesehen, öfters aber exspiratorische. Die exspiratorischen Kurvengipfel blieben, wie beim Kaninchen, nur kurze Zeit unter dem normalen Niveau, um dasselbe bald zu erreichen und öfters zu übersteigen (Figg. 28 und 29).

In diesen Fällen war denn auch die aktive Betheiligung der Exspirationsmuskeln bei Inspektion der Athembewegungen evident. Der Athemtypus nach beiderseitiger Vagusausschaltung besteht somit bei der Katze in einer

1) Hermann's Handb. II, 1, S. 271.

Verlangsamung der Athmung durch Verlängerung beider Phasen, was auf den Ausfall in der Norm stattfindender, sowohl eregender, als hemmender Einflüsse auf das Inspirationscentrum hindeutet. Dabei wird die gegen die Norm verspätete Ausathmung unterstützt und verstärkt durch aktive Betheiligung der Exspirationsmuskeln.

Noch regelmässiger findet diese statt, und noch etwas anders als bei Kaninchen und Katze gestalten sich die Ausfallserscheinungen nach beiderseitiger Vagusdurchtrennung beim Hund. In den meisten an diesem Thiere angestellten Versuchen isolirten wir vor der Durchtrennung jeden Vagus von dem mit ihm in gemeinschaftlicher Scheide verlaufenden Sympathicus nach Eröffnung derselben und vermieden durch diese meist leicht gelingende Maassregel vollständig die durch Sympathicusdurchschneidung bewirkten Erscheinungen[1]).

In einer Versuchsreihe nun, bei welcher wir an Hunden beide Vagi, besonders zum Studium der Lungenveränderungen, einfach mit der Scheere durchschnitten hatten, sahen wir, nach Vorübergehen der Reizsymptome, die Athemfrequenz bis nahe zur Hälfte vermindert, die Inspirationsdauer verlängert, die Exspirationen aktiv und zwischen den einzelnen Athemzügen oft sehr lange Athempausen, in denen die inspiratorische Athemmuskulatur anscheinend ganz in Ruhe ist. Die graphische Aufnahme nach dem Bert'schen Verfahren (das genauere siehe weiter unten), ja schon die genauere Untersuchung durch Inspektion und Palpation ergiebt indessen; dass nur der Anfang der Pausen rein exspiratorischer Natur ist, indem ganz allmählich und langsam, erst unmerklich, dann immer kräftiger und deutlicher, die inspiratorischen

---

1) Bisweilen verläuft der Vagus eine Strecke weit getrennt vom Sympathicus. Einem derart isolirten Verlauf nur eines Theils der Vagusfasern sind wir nie begegnet und können somit die Angabe von Jolyet (Gaz. médicale de Paris, 1873, S. 37) nicht bestätigen, welcher neben dem linken Vagus einen besondern Faden fand, dessen Reizung auf die Athmung (speciell hustenerregend) wirkte. Uebrigens ist die Isolirung des Vagus vom Sympathicus nie ganz ohne Auftreten von Reizerscheinungen ausführbar. Diese veranlassten uns, auf Versuche über „Vagusspaltung“ nach Steiner (du Bois' Arch. 1878) ganz zu verzichten.

Muskeln in Thätigkeit gerathen, bis schliesslich eine Zusammenziehung der Rippenmuskeln sichtbar ist, welche länger dauert als in der Norm, und wie Timofeeff (s. unten) richtig beobachtet hat, wellenartig über den Thorax zu laufen scheint. Dass die Athempause bei vagotomirten Hunden und Katzen keine vollständige („absolute") ist, sondern Druckänderungen in derselben stattfinden, gibt auch Schiff[1]) an; indessen fand er gegen Ende der Pause nicht eine allmähliche, durch die beginnende Inspiration veranlasste Druckverminderung, sondern im Gegentheil eine mehr oder weniger plötzliche exspiratorische Drucksteigerung durch aktive Exspiration. Einen derartigen (von Langendorff als zweizeitige, „sakkadirte" Exspiration bezeichneten) Typus haben auch wir in seltenen Fällen bei allen drei untersuchten Thierarten beobachtet. Das Gad'sche Verfahren reizloser Durchtrennung hat Schiff nicht angewendet, indem er bei der Ausführung desselben am Hunde besondere Schwierigkeiten erwarten zu müssen glaubte. Da bei der Dicke der Nerven dieses Thieres die abgekühlten Drähte, sowie auch von Kältemischung durchflossene Röhrchen mir in der That kein genügend präzises Resultat ergaben, so nahm ich die Abkühlung durch Auflegen der Nerven auf passend geformte Eisstückchen vor. Die Registrirung der Athmung erfolgte in diesen Versuchen durch eine mit der endständigen Trachealkanüle unter Einschaltung der Bert'schen Flasche verbundene Marey'sche Schreibkapsel, nachdem Vorversuche gezeigt hatten, dass dies, mangels eines Volumschreibers von genügenden Dimensionen angewendete Verfahren bei den anderen Thieren die charakteristischen Athemveränderungen nach Vagusausschaltung genügend deutlich anzeigt. Die am Hunde mit denselben gewonnenen Kurven lassen den allmählichen Beginn und die tetanische Verlängerung der inspiratorischen Phase deutlich erkennen, während eine Vertiefung der Einathmung (also gleichzeitige verstärkte Thätigkeit der Einathmungsmuskeln) nicht immer ausgesprochen ist. Dagegen ist der exspiratorische Schenkel der Kurve steil und die exspiratorische Zacke übersteigt das normale Niveau — aktive Exspiration —; auf dieselbe folgt dann die, gegen die Norm mehr oder weniger

1) a. a. O. S. 67.

verlängerte exspiratorische Pause, welche ganz allmählich in die inspiratorische Phase übergeht (Fig. 30, *a*—*c*).

Der Vergleich mit der normalen Athemkurve, welcher zeigt, dass die Verlangsamung der Athmung durch Verspätung sowohl der Ausathmung, als auch der Einathmung zu Stande kommt, beweist hiermit, dass auch beim Hunde sowohl hemmende als anregende Einflüsse, welche bei der normalen Athmung betheiligt sind, durch die Ausschaltung der Vagi in Wegfall kommen; dabei erfolgt die (verspätete) Ausathmung unter aktiver Mitwirkung der Exspirationsmuskeln, welche hier regelmässig eintritt, während sie nach unsern Erfahrungen sowohl, wie nach den Angaben anderer Autoren[1]) auch bei normalen Hunden, besonders in Narkose, nicht selten ist; die Begünstigung derselben durch die beiderseitige Vagusdurchtrennung liesse sich auffassen als eine Art Ersatz für die ausgefallene Hemmung der Inspiration durch die Lungendehnung unter Vermittlung der Vagi, auch ohne über das Zustandekommen der aktiven Exspiration etwas Bestimmtes aussagen zu können.

Was das Gesammtresultat unserer Vagusausschaltungsversuche betrifft, so sehen wir, dass die beiden Effekte, welche wir durch die zwei Hauptarten künstlicher — elektrischer oder nicht elektrischer — Reizung, nämlich momentane und Dauer-Einwirkung, hevorrufen konnten — Anregung und Hemmung inspiratorischer Athembewegungen —, auch bei der Regulirung der normalen Athmung durch die Nn. vagi im Sinne der Hering-Breuer'schen Theorie betheiligt sind, und zwar bei allen untersuchten Thierarten beide Momente nebeneinander; wie indessen je nach Art, Individualität und Zustand des Thieres bald der inspiratorische, bald der hemmende Effekt durch künstliche Einwirkungen leichter zu erzielen war, so sehen wir auch, dass je nach den genannten Umständen die Betheiligung dieser beiden Momente an der Regulirung der normalen Athmung eine verschiedene ist, und dass dasselbe für die Mitwirkung der aktiven Exspiration gilt.

Auf die Frage, warum nach beiderseitiger Vagusausschaltung die Athmung noch rhythmisch bleibt, gehen wir darum nicht näher ein, weil, wie schon oben erwähnt, wir auf die Ausdehnung unserer

---

1) Wertheimer, Brown-Séquard.

Arbeit auf die Athemcentren verzichtet haben. Wir berühren diesen Punkt hier nur deshalb, weil zum Beweise dafür, dass die rhythmische Thätigkeit der Athemcentren reflektorisch und nicht automatisch erregt sei, Schiff[1]) angiebt, dass bei langer Lebensdauer beiderseitig vagotomirter Hunde die Respirationsfrequenz wieder ansteige, ja dass ihr Durchschnitt schliesslich die normale Mittelzahl wieder erreiche, was er dadurch erklärt, dass andere, für gewöhnlich an der Regulirung der Athmung nur nebenbei betheiligte centripetale Nerven, allmählich an Stelle der durchtrennten Vagi deren Funktion als Hauptregulirungsnerven der Athmung übernehmen.

Wochen- und monatelanges Ueberleben von Hunden nach beiderseitiger Vagusdurchschneidung, wie es früher vielfach (durch Nasse, Bidder und Löwinsohn, auch im hiesigen Institut) beobachtet worden ist, fand bei den erwähnten Versuchen niemals statt, indem die Thiere binnen vier Tagen der Lungenentzündung erlagen. Ich versuchte daher diejenige Abänderung des in Rede stehenden Experiments, auf welche sich jene Angabe von Schiff hauptsächlich bezieht, nämlich die von Reid zuerst vorgeschlagene, von Genzmer und Frey am Kaninchen ausgeführte, auf den Hund ausser von Schiff und Herzen noch von Timofeeff[2]) angewendete Methode: Durchschneidung des rechten Vagus unterhalb der Abzweigung des N. laryngeus recurrens, und des linken Vagus oben am Halse. Zwischen beiden Operationen liessen wir, wie Schiff und Timofeeff, einige Tage verstreichen. Die Veränderungen der Athmung waren die gleichen wie bei beiderseitiger hoher Vagusdurchschneidung; und in den zwei bisher gelungenen Versuchen blieb die Lungenentzündung aus. Leider bewirkten indessen verschiedene Umstände (junge Thiere, strenger Winter, grosse Neigung zu Eiterungen trotz umfänglicher antiseptischer Maassnahmen), dass die Lebensdauer nicht die Länge erreichte, welche nach Schiff zur Wiederherstellung der normalen Frequenz nothwendig ist, nämlich 14 Tage bis 3 Wochen, ein Zeitraum, welcher, wie Schiff angiebt, und wie auch aus einer neueren Arbeit von Vanlair[3])

1) a. a. O. S. 65, 69.

2) Botkins russ. klin. Wochschr. 1889.

3) Bullet. de l'ac. roy. de Belg. (3) XXV, S. 240.

folgt, allerdings die Regeneration der Nerven noch ausschliesst. Indessen müssen wir unser abschliessendes Urtheil in dieser Frage aufschieben, bis uns noch mehr, gelegentlich anzustellende Versuche der in Rede stehenden Art zu Gebote stehen.

Die bisher angestellten Versuche boten uns reichlich Gelegenheit zur Untersuchung der auf die beiderseitige Vagusdurchtrennung folgenden Lungenveränderungen, über deren Natur noch keine volle Uebereinstimmung unter den Autoren besteht. Gegenüber der Traube'schen, in neuerer Zeit besonders durch die ausführliche Arbeit von O. Frey[1]) bestätigten Annahme, dass die Lungenentzündung nach beiderseitiger Vagusdurchschneidung durch das Zusammenwirken der Kehlkopflähmung mit der Schlucklähmung zu Stande komme, indem Futtertheile, und auch bei fehlender Nahrungsaufnahme Mundflüssigkeit in die Lungen gelange und die Entzündung hervorrufe, hält Schiff[2]) nach wie vor an seiner Ansicht fest, dass die Ursache aller pathologischen Lungenveränderungen nach bilateraler Vagotomie in dem Wegfall einer die Lungengefässe verengernden Funktion des Vagus zu suchen sei: „neuroparalytische Hyperämie".

Die Traube'sche Theorie stützt sich vor allem auf die Ergebnisse von Versuchen, einerseits die Schädlichkeit der Mundflüssigkeit zu beweisen, andererseits die Lungenveränderungen zu verhindern durch Abhaltung dieser Schädlichkeit auf dem Wege der räumlichen Trennung des Schluckapparates und des übrigen Digestionstraktus von den Athmungswegen. So fanden Traube und Frey, dass Einlegung einer Trachealkanüle beim Kaninchen das Zustandekommen der Pneumonie verhindert, indem nur diejenigen Lungenveränderungen sich zeigen, welche auch das blosse Einlegen der (endständigen) Trachealkanüle allein, ohne Vagotomie hervorruft, ein Eingriff, welcher ja nach der von Billroth unter Traube's Leitung gemachten Beobachtung beim Kaninchen den Tod nach sich zieht. Bei Hunden geben die Anhänger Traube's an, nach beiderseitiger Vagusdurchtrennung und Absperrung des Digestions- vom Respirationstraktus gar keine oder „nur ganz geringfügige" Veränderungen gefunden zu haben. Hierher gehört

1) Preisschrift, Leipzig, 1879.
2) a. a. O., S. 372 ff.

auch das Urtheil von Timofeeff[1], welcher die erwähnte Methode: Durchschneidung des rechten Vagus unterhalb des Recurrensabganges und des linken oben am Halse, in Anwendung brachte und nach dem, nach 14 Tagen erfolgten Tode der Thiere die Lungen ohne pathologische Veränderungen gefunden haben will. Diesen Angaben steht diejenige von Schiff gegenüber, welche während vieler Jahre eine grosse Anzahl von Hunden nach diesem Plane operirt zu haben angiebt und bei dem, oft erst nach Monaten erfolgten Tode[2]) derselben die Lungen 1. mehr oder weniger hyperämisch, 2. von grösserem Gewicht, als dem normalen Durchschnitt entsprochen hätte, 3. den zu ihrer Aufblasung nöthigen Druck nicht unbedeutend verstärkt fand.

Vergleichen wir mit den Angaben der Autoren, von denen ich nur die wesentlichsten Punkte in aller Kürze soeben darzustellen versucht habe, unsere Befunde, so finden wir, schon bei oberflächlicher makroskopischer Inspektion, dass die ausgesprochene Pneumonie, wie sie nach doppelseitiger Vagusdurchtrennung ohne weitere Maassregeln eintritt, bei den behufs Aufnahme der Atemvolum- resp. Druckkurven tracheotomirten und mit endständiger Luftröhrenkanüle versehenen Thieren meistens fehlte. Genauere Besichtigung, sowie anschliessende mikroskopische Untersuchung (Härtung in Alkohol, Paraffin-Durchtränkung und -Einbettung, Färbung der Schnitte mit Carmin oder Hämatoxylin) liess eine oft starke Hyperämie, sowie beträchtliches Randemphysem erkennen, während entzündliche Infiltrationen um die Bronchien herum meist vermisst wurden. Dass auch Ausnahmen hiervon vorkamen, in welchen die Pneunomie nach beiderseitiger Vagusdurchschneidung trotz Trachealkanüle eingetreten war, wird nach weiter unten zu erörternden Ueberlegungen verständlich erscheinen, und zwar um so mehr, als wir derartige Befunde zweimal auch nach Durchschneidung nur eines Vagus mit Einlegung der Trachealkanüle hatten, darunter das einemal eine vollständige lobäre Hepatisation der Oberlappen beider Lungen.

Bei den beiden Hunden, welche wir bis jetzt mit Erfolg nach

1) a. a. O.

2) Diejenigen, welche über 4 Monate lebten, wurden gelegentlich getödtet, a. a. O. S. 403.

der Angabe von Schiff und Timofeeff operirt haben, bei denen also die Kehlkopflähmung nur halbseitig war[1]), fanden wir bei der Eröffnung des Thorax nach dem Tode beide Lungen in ihrer ganzen Ausdehnung von geradezu normal erscheinender, ganz schwach röthlich-weisser Farbe. Die genauere Untersuchung ergab indessen, dass sie gleichfalls nicht vollkommen normal waren, wenigstens insofern reichlich emphysematische Stellen vorhanden waren. Auch erwies sich beim Einschneiden der Gehalt an Flüssigkeit als nicht unbeträchtlich, und dieselbe war blutig gefärbt. Indessen glauben wir mit der Diagnose auf „Hyperämie", besonders mit Rücksicht auf die Möglichkeit postmortaler Entstehung der Veränderung, vorsichtig sein zu müssen.

Dass übrigens nach beiderseitiger Vagusdurchtrennung unter Absonderung der Athmungs- von den Verdauungswegen auch beim Hunde die Lunge etwas, wenn auch nicht stark hyperämisch gefunden wird, giebt auch Frey selbst[2]) zu. Eine andere Frage ist diejenige, wie diese Hyperämie mit der Vaguslähmung zusammenhängt. Dass es sich dabei in der That um Gefässlähmung handele, wollte Michaelson[3]) ausser durch anderes auch durch die mit Hülfe eingestochener Thermonadeln gemachte Beobachtung bewiesen haben, dass nämlich sofort nach der Durchschneidung des zweiten Vagus die Temperatur der Lungen steige. Einige von uns zur Prüfung dieser Angabe vermittelst der d'Arsonval'schen Thermonadeln und eines sehr empfindlichen Multiplikators gemachte Versuche hatten kein eindeutiges Ergebniss.

Soviel erscheint indessen sicher, dass die eigentliche Lungenentzündung nach doppelseitiger Vagusdurchschneidung nur dann entstehen kann, wenn die offenstehende Stimmritze das Eindringen von „Fremdkörpern" erleichtert. Dabei können immerhin die Angaben der Gegner der Traube'schen Ansicht, dass durch absichtliche Einführung von Mundflüssigkeit, Futtertheilen u. s. w. in die Athmungswege nicht vagotomirter Thiere nur schwierig Pneumonie erzeugt werde, dahin gedeutet werden, dass durch die Lähmung

1) Die Thiere konnten sogar (wenn auch heisere) Laute von sich geben, nachdem die erste Operation allein (Durchschneidung des rechten Vagus unterhalb des Recurrens) gar keinen Einfluss auf die Stimme gehabt hatte.

2) a. a. O., S. 135.

3) Mittheilungen aus dem Königsb. physiolog. Labor., S. 85—119.

der Lungenvagi, sei es nun auf dem Wege der Bronchialmuskellähmung, oder durch „neuroparalytische Hyperämie“, oder endlich durch Ausfall trophischer Funktionen [1]), ein Faktor gebildet werde, welcher das Entstehen der Entzündung begünstigt.

In dieser Hinsicht möchte ich daran erinnern, dass die Streitfrage über die Ursache der sogenannten Vaguspneumonie zu einer Zeit aufkam, und auch relativ neuere Arbeiten über diesen Gegenstand ihr noch angehören, wo die Bedeutung der Mikroorganismen als Krankheitsserreger noch unbekannt war. Dass die Funktionsstörung des Lungenvagus, und wäre es auch nur durch die veränderte Athemform, die Resistenzfähigkeit der Lunge gegen Infektion vermindern könnte, ist wahrscheinlich; dass die Mundflüssigkeit, sowie Futterstoffe entzündungserregende Mikroorganismen enthalten können, ist heutzutage bewiesen; auf diese Weise erscheint die Lungenentzündung nach doppelseitiger Vagusdurchschneidung wesentlich als Produkt zweier Faktoren und der Streit über ihre „Ursache“ als ziemlich gegenstandslos [2]).

Durch das Zusammenwirken mechanischer und thermischer Läsion (Verletzung und Erkältung) einerseits und bakterieller Infektion andererseits dürften auch die Fälle von Pneumonie bei Kaninchen mit Trachealkanüle, aber ohne doppelseitige Vagotomie, genügend erklärt sein.

Endlich glaube ich hinsichtlich der Ursache des Todes nach beiderseitiger Vagusdurchschneidung ebenso wie Sigm. Mayer [3]), dass man in denjenigen Fällen, wo die Lungenentzündung ausbleibt, nicht nöthig hat, mit O. Frey die Todesursache in einem „uns noch unbekannten, dunkeln Moment“ zu suchen. Ausser der von Eichhorst (Vogel), Michaelson und andern angenommenen Degeneration des Herzmuskels, der Ueberanstrengung (Gad) der Athemmuskulatur, welche zu deren Paralyse führen könnte, ist vor allem an die Ernährungsstörung zu

---

1) Vergl. hierüber Durdufi, Centralbl. f. allg. Pathol. und path. An., V, Nr. 12.

2) Eine bakteriologische Untersuchung von Lungen mit Vaguspneumonie ist neuerdings durch Lustig (Morgagni 1888) und Piccinino (Annali di nevrologia XI, 1894) vorgenommen worden. Wir haben auf eine solche zunächst verzichtet.

3) Hermann's Handb. II, 1, S. 273.

denken, welche sehr tiefgreifend sein muss, da der Vagusstamm ausser den Athmungsorganen, dem Herzen und der Speiseröhre noch Magen[1]), Leber, Pankreas u. s. w. mit Zweigen versieht. Wie Timofeeff, welcher den Tod seiner Versuchsthiere lediglich auf Inanition zurückführt, sahen auch wir unsere nach seiner Methode operirten Thiere beständig erbrechen und äusserst stark abmagern. Auch konnten wir die Abnahme der Körpertemperatur konstatiren; so betrug diese bei dem in Rede stehenden Thiere, im Rectum gemessen, unmittelbar nach der zweiten Operation 40,0°, am sechsten Tage, ungefähr 24 Stunden vor dem Tode 35,2°. Eine durch besondere Versuche zu stützende Erklärung dieser Erscheinung fehlt noch. Ebenso wäre angesichts einer neuerdings gemachten Angabe von Morat und Dufourt[2]), dass Reizung des Vagus die Zuckerbildung in der Leber hemmen kann, eine interessante, noch zu lösende Aufgabe, genau zu untersuchen, ob vagotomirte Thiere diabetisch werden.

Jedenfalls möchte ich mich der Ansicht von Sigm. Mayer anschliessen, dass bei der grossen Zahl und Wichtigkeit der physiologischen Funktionen des Vagus es eher merkwürdig wäre, wenn seine beiderseitige Durchtrennung nicht tödtlich wäre.

---

1) Nach vollständigem Abschluss dieser Arbeit erschien die Veröffentlichung von Pawlow und Schumowa (du Bois' Arch., 1895, S. 53 ff.) über die Abhängigkeit der Magensaftsecretion vom Vagus. Das von ihnen beobachtete Verhalten der rechts tief, links hoch vagotomirten Hunde stimmt mit unsern Beobachtungen gut überein.

2) Archives de physiologie (5) VI, p. 693 ff.

Erläuterung der Curven auf Tafel I, II und III.

Alle diejenigen Versuche, bei welchen über Narkose nichts besonders bemerkt ist, beziehen sich auf nicht narkotisirte Thiere.

Fig. 1, 2*a*, 2*b*. Junge Katze, Registrirung der Athmung mit dem Volumschreiber. Linker Vagus intakt.

Fig. 1: Rechter Vagus undurchschnitten mechanisch tetanisirt. (Der Versuch wurde mit gleichem Erfolge an einer andern, weiter centralwärts gelegenen Stelle des Nerven wiederholt.)

Fig. 2*a*. Derselbe Nerv weiter centralwärts mit scharfer Scheere rasch und präzis durchschnitten.

Der centrale Stumpf wird in eine Schlinge gefasst und dieselbe — Fig. 2*b* — fest angezogen.

Fig. 3. Kaninchen, Athemvolumschreiber. Rechter Vagus intakt; linker Vagus präzis durchschnitten.

Fig. 4*a*. Kaninchen, Athemvolumschreiber. Linker Vagus intakt; rechter durchschnitten, centraler Stumpf desselben durchströmt mit konstantem Strom aufsteigend (↑) 2 Grenet-Elemente, 2000 Ω in Nebenschliessung.

Fig. 4*b*. Anderes Kaninchen, oben Zwerchfell-, unten Athemvolumkurve, sonst die gleiche Versuchsanordnung, wie Fig. 4*a*.

Fig. 4*c*. Kaninchen, beiderseits vagotomirt, oben Thorax-, unten Volumkurve; rechter centr. Stumpf aufsteigend konstant durchströmt. 2 Grenet, 3000 Ω N.-S.

Fig. 5. Hund, Morphiumnarkose, Registrirung der Athmung durch endständige Trachealkanüle, Bert'sche Flasche und Marey'sche Kapsel. Rechter Vagus intakt; linker aufst. konstant durchströmt. 6 Grenet, 3000 Ω N.-Schl.

Fig. 6. Katze, oben Thorax-, unten Volumkurve. Linker Vagus intakt, rechter centraler Stumpf aufsteigend konstant durchströmt, 6 Grenet, 3000 Ω N.-Schl.

Fig. 7. Derselbe Strom absteigend applizirt (↓).

Fig. 8. Kaninchen, beiderseits vagotomirt, rechter centraler Stumpf aufsteigend konst. durchströmt. 4 Grenet, 10000 Ω N.-Schl.

Fig. 9. Katze, Athemvolumschreiber, linker Vagus intakt, rechter centraler Stumpf aufsteigend konstant durchströmt. 4 Grenet, 5000 Ω N.-Schl.

Fig. 10. Kaninchen von 4*c*; gleiche Versuchsanordnung wie dort. Fig. 7 bis 10 demonstriren die entgegengesetzten Nachwirkungen.

Fig. 11*a* und 11*b*. Dasselbe, doppelt vagotomirte Kaninchen wie 4*c* und 10; am rechten centralen Stumpf schnell unterbrochene Kettenströme, in Fig. 11*a* absteigend, in Fig. 11*b* aufsteigend gerichtet. 6 Grenet, 5000 Ω Nebenschliessung.

Fig. 12. Kaninchen von 4*a*. Centraler Stumpf des rechten Vagus mit schnell unterbrochenen Strömen gereizt, erst auf-, dann absteigend. 2 Grenet, 2000 Ω N.-S.

Fig. 13. Anderes Kaninchen, linker Vagus intakt; centraler Stumpf des rechten mit schnell unterbrochenen Kettenströmen (60 in der Sekunde) gereizt. 6 Grenet, 2000 Ω N.-S. Volumschreiber.

Fig. 14. Anderes Kaninchen. Volumschreiber. Beide Vagi durchschnitten. Am centralen Stumpf des rechten aufsteigend, mässig schnell unterbrochene (10 in der Sekunde) Ströme mit langer Schliessungsdauer. 6 Grenet, 2000 Ω.

Fig. 15*a* und *b*. Anderes Kaninchen. Volumschreiber. Rechter Vagus durchschnitten, linker undurchschnitten absteigend durchströmt, in Fig. 15*a* konstant, 15*b* langsam unterbrochen. 6 Grenet, 10000 Ω Nebenschliessung.

Fig. 15*c* und 16. Anderes Kaninchen. Volumschreiber. Beide Vagi intakt. Rechter in Fig. 15*c* absteigend langsam unterbrochen, in Fig. 16 aufsteigend konstant durchströmt. 6 Grenet, 3000 Ω N.-Schl.

Fig. 17. Kaninchen von 15*a* u. *b*, aufsteigend langsam unterbrochene Durchströmung des intakten linken Vagus.

Fig. 18 bis 20. Katze. Volumschreiber. Beide Vagi intakt. Fig. 18 absteigend konstante Durchströmung (2 Grenet, 3000 Ω N.-Schl.) des rechten. Hierauf Durchschneidung peripher von den Elektroden und Durchströmung des centralen Stumpfes: Fig. 19*a* aufsteigend konstant, Fig. 19*b* aufsteigend langsam unterbrochen und Fig. 19*c* absteigend langsam unterbrochen. Danach wird das periphere über die Elektroden herabhängende Ende in leitende Berührung mit der Wunde gebracht, welche durch einen Tropfen physiologischer Kochsalzlösung gesichert wird. Fig. 20 wieder absteigend langsam unterbrochene Durchströmung.

Fig. 21 bis 22. Kaninchen von Fig. 4*b*. Oben Zwerchfell- unten Volumkurve. Sog. „Unipolare“ Reizung mit „differenter“ Elektrode. 21*a* und *b* am noch intakten rechten Vagus: 21*a* Kathode, 21*b* Anode, 22 am durchschnittenen Nerven, Anode, also aufsteigende Durchströmung des centralen Stumpfes. 2 Grenet, 2000 Ω.

Fig. 23*a*. Dasselbe Kaninchen, wie 4*b* und 21 bis 22. Reizung des noch intakten Nerven durch die Ströme des Sinusinduktors (100 Touren).

Fig. 23*b* und 24. Kaninchen von Fig. 4*a*. Volumschreiber. Linker Vagus intakt, am centralen Stumpf des rechten in 23*b* Ströme des Sinusinduktors, in 24 frequent wechselnde (60 per Sek.) Kettenströme. 2 Grenet, 2000 Ω Nebenschl.

Fig. 25. Kaninchen. Volumschreiber. Rechter Vagus durchschnitten. Bei + wird der linke Vagus auf einen stark abgekühlten Draht (Gad'sche Thermode) gelegt.

Fig. 26. Anderes Kaninchen. Rechter undurchschnittener Vagus liegt auf der einen, stark abgekühlten Thermode. Bei + wird der linke, gleichfalls undurchschnittene Vagus auf die andere, stark abgekühlte Thermode gelegt.

Fig. 27. Anderes Kaninchen. Volumschreiber. Rechter Vagus abgekühlt. Bei + in *a* wird auch der linke abgekühlt. Nach einiger Zeit wird der letztere (bei *o* in *b*) von der Thermode wieder abgenommen. Dasselbe wurde 4mal mit gleichem Erfolge wiederholt.

Eig. 28. Katze. Volumschreiber. Rechter Vagus abgekühlt. Bei + wird auch der linke auf die Thermode gelegt.

Fig. 29. Andere Katze. Dieselbe Versuchsanordnung.

Fig. 30*a* bis 30*c*. Hund in ganz schwacher Morphiumnarkose. Registrirung der Athmung durch Bert'sche Flasche und Marey'sche Kapsel. Linker Vagus auf Eis. Bei + in *a* wird der rechte gleichfalls auf ein Eisstück gelegt. Nach Entfernung desselben erfolgte Wiedereintritt der vorherigen Athemform (etwas gegen die Norm beschleunigt). In *b* und *c* unten Druckkurve nach dem Bert'schen Verfahren, oben Thoraxkurve. Bei ++ in *b* wurde der rechte Vagus von neuem auf Eis gelegt, bei *o* das Eis wieder entfernt. Das gleiche Verfahren wurde noch zweimal wiederholt, zuletzt beide Vagi peripher von den Eisstücken durchschnitten. Nach einer halben Stunde Kurve *c*.

Literatur-Uebersicht 1873–1894.

1873.

S. Arloing et L. Tripier, Contribution à la physiologie des nerfs vagues; Archives de physiol., IV, p. 411—426; 588—601; 732—742. V, p. 157—175.

A. Genzmer, Gründe für die patholog. Lungenveränderungen nach doppelseitiger Vagusdurchschneidung; Pflüger's Arch. VIII, S. 101—121.

Ph. Knoll, Ueber Reflexe auf die Athmung bei Zufuhr einiger flüchtiger Substanzen zu den unterhalb des Kehlkopfs gelegenen Luftwegen. Ber. der Wiener Akad., math.-naturw. Kl., 3. Abth., LXVIII, S. 245—273.

1874.

Sigm. Mayer, Experimenteller Beitrag zur Lehre von den Athembewegungen. Ber. der Wiener Akad., math.-naturw. Kl., 3. Abth., LXIX, S. 111—122.

1875.

J. Rosenthal, Bemerkungen über die Thätigkeit der automatischen Nervencentra, insbes. über die Athembewegungen; Gratulationsschrift für Gerlach; Erlangen, Besold, 1875.

1876.

J. Dreschfeld, Experimental researches on the pathology of pneumonia. Lancet 1876, I, Nr. 2.

O. Frey, Die pathologischen Lungenveränderungen nach Lähmung der Nervi vagi; Preisschrift (Zürich); Leipzig, Engelmann, 1876.

L. Gerlach, Ueber die Beziehungen der Nn. vagi zu den glatten Muskelfasern der Lunge; Pflügers Arch. XIII, S. 491—508.

Th. H. Mac Gillavry, De invloed van bronchialkramp op de ademhaling; Nederl. Tijdschr. v. Geneesk., 1876.

P. Guttmann, Zur Lehre von den Athembewegungen; du Bois' Archiv 1875, S. 500—525.

1877.

F. Falk, Zur experimentellen Pathologie des X. Gehirnnerven; Archiv f. exp. Path. und Pharmakol., VII, S. 183—192.

François-Frank, Étude sur quelques arrêts respiratoires; apnée, phénomène de Cheyne-Stokes, arrêts réflexes d'origine cardiaque; Journ. de l'anat. et de la physiol., 1877, S. 545—570.

H. Köhler, Ueber die Kompensation mechanischer Respirationsstörungen und die physiologische Bedeutung der Dyspnoe; Arch. f. experim. Path. und Pharm., VII, S. 1—44.

F. Lussana e F. Ciotto, Risultanze ottenute dal taglio dei due nervi vaghi in un cane sopravissuto per diciassette giorni; Sperimentale XL, p. 119; Gazz. med. ital., 1877, giugno.

O. Rosenbach, Studien über den N. vagus; ein Beitrag zur Lehre von den automatischen Nervencentren und den Hemmungsnerven. Berlin, Hirschwald 1877.

1878.

R. Burkard, Studien über die automatische Thätigkeit des Athemcentrums und über die Beziehungen desselben zum N. vagus und anderen Athemnerven; Pflügers Arch., XVI, S. 427—501.

Th. H. Mac Gillavry, L'influence du spasme bronchique sur la respiration; Arch. néerland. d. sc. ex. et nat., XII, p. 445—456.

P. Grützner, Ueber verschiedene Arten der Nervenerregung: I. Ueber die Einwirkung von Wärme und Kälte auf Nerven, mit Kamm und Plotke; II. Ueber die Einwirkung konstanter elektrischer Ströme auf Nerven, und III. Ueber die chemische Reizung von Nerven, mit Alexander; Pflüger's Arch., XVII, S. 215—254

O. Langendorff, Der Einfluss des N. vagus und der sensibeln Nerven auf die Athmung; v. Wittich's Mittheilungen aus dem Königsb. physiolog. Labor., S. 33—67.

Michaelson, Beiträge zur Untersuchung des Einflusses beiderseitiger Vaguslähmung auf die Lungen; ibid., S. 85—119.

O. Rosenbach, Notiz über den Einfluss der Vagusreizung auf die Athmung; Pflüger's Arch., XVI, S. 502—503.

J. Steiner, Ueber partielle Nervendurchschneidung und die Ursachen der Lungenaffektion nach beiderseitiger Vagustrennung am Halse; du Bois' Arch., 1878, S. 218—245.

1879.

v. Anrep, Die Ursache des Todes nach Vagusdurchschneidung bei Vögeln; Verhandl. der Würzb. med.-physik. Ges., XIV, S. 35—43.

H. Eichhorst, Die Veränderungen der quergestreiften Muskeln bei Vögeln in Folge der Inanition; Centralbl. f. d. med. Wiss., 1879, Nr. 10.

Derselbe, Die trophischen Beziehungen der Nn. vagi zum Herzmuskel; Berlin, Hirschwald, 1879.

L. Fredericq, Sur la théorie de l'innervation respiratoire, Brux.; Hayez, 1879, und Bull. de l'acad. roy. de Belgique (2) XLVII, Nr. 4.

Derselbe, Sur l'innervation respiratoire chez le poulpe, Compt. Rend., LXXXVIII, p. 346—47.

O. Langendorff, Ueber d. Selbststeuerung der Athembewegungen; du Bois' Arch., 1879, Suppl.-Bd., S. 48—53.

R. Zander, Folgen der Vagusdurchschneidung bei Vögeln. Preisschrift (Königsberg); Pflüger's Arch. XIX, S. 263—335.

1880.

A. Bókai, Der N. vagus und die glatten Muskelzellen der Lunge; Orvosi. Hetilap, Nr. 25.

Christiani, Ueber Athmungsnerven und Athmungscentren; Verhandl. der Berl. physiolog. Ges. in du Bois' Arch., 1880, S. 295—96.

J. Gad, Die Regulirung der normalen Athmung; du Bois' Arch., 1880, S. 1—32

Ph. Knoll, Ueber Myokarditis und die übrigen Folgen der Vagussektion bei Tauben; Prager Ztschr. f. Heilk., 1880, I.

M. Marckwald und H. Kronecker, Ueber die Auslösung der Athembewegungen; Verh. der Berl. physiolog. Ges. du Bois' Arch., 1880, S. 441—446.

J. Rosenthal, Neue Studien über Athembewegungen, 1. Die Wirkung der elektrischen Vagusreizung auf die Athembewegungen I; du Bois' Arch., 1880, Suppl.-Bd., S. 34—49.

J. Wagner, Beiträge zur Kenntniss der respiratorischen Leistungen des N. vagus; Ber. der Wiener Akad., math.-nat. Kl., LXXX, 3. Abth., S. 177—187; Jahrb. der Gesellsch. d. Aerzte, 1880, S. 239 ff.

1881.

A. Christiani, Ueber Athmungscentren und centripetale Athmungsnerven; Monatsberichte der Berl. Akad., 1881, S. 213–223.

J. Gad, Ueber die Abhängigkeit der Athemanstrengung vom N. vagus; du Bois' Arch., 1881, S. 538–552.

M. Kandarazki, Ueber den Husten nebst einigen Bemerkungen über den Einfluss des Chloroforms auf die Athmung der Thiere; Pflüger's Arch., XXVI, S. 470–479.

J. Rosenthal, Neue Studien über Athembewegungen. 2. Ueber die Wirkung der elektr. Reizung des N. vagus II; du Bois' Arch., 1881, S. 39—60.

N. Wedenskii, Ueber den Einfluss elektrischer Vagusreizung auf die Athembewegungen bei Säugethieren; Pflüger's Arch., XXVII, S. 1—22.

1882.

M. Ellenberger, Die Folgen der einseitigen und doppelseitigen Lähmung des N. vagus bei Wiederkäuern; Arch. für Thierheilkunde, IX, S. 128–147.

F. Henrijean, Sur les effets respiratoires de l'excitation du pneumogastrique; Archives de biologie, III, p. 229—234.

Ph. Knoll, Beiträge zur Lehre von der Athmungsinnervation, 1—3. Mittheilung; Ber. der Wiener Akad., math.-nat. Kl., 3. Abth., LXXXV, S. 282–306, LXXXVI, S. 48–65, 101–120.

S. Meltzer, Geschlecht und Lungenvagus; Centralbl. f. d. med. Wiss., 1882, S. 497—98.

1883.

L. Fredericq, Expériences sur l'innervation respiratoire; du Bois' Arch., 1883, Suppl.-Bd., S. 51—88.

Ph. Knoll, Beiträge zur Lehre von der Athmungsinnervation, 4. Mittheilung; Sitzungsber. der Wiener Akad., math.-nat. Kl., 3. Abth., LXXXVIII, S. 479—512.

Laffont, Recherches sur l'innervation respiratoire; modifications des mouvements respiratoires sous l'influence de l'anesthésie; Comptes Rend., XCVII, S. 578—81.

1884.

W. v. Anrep und N. Cybulski, Physiologische Untersuchungen im Gebiete der Athmung u. s. w., I; Petersburg 1884.

1885.

L. Fredericq, Excitation du pneumogastrique chez le lapin empoisonné par CO_2; Archives de biologie, V, p. 573—580.

R. Massalongo, Contribution à l'étude expérimentale de la pneumonie et de la bronchopneumonie. Arch. de physiol. (4) II, p. 526—552.

C. S. Roy and Gr. Brown, On bronchial contraction; Journ. of physiology, VI, proceedings phys. soc., p. XXI—XXV.

1886.

Ph. Knoll, Ueber die Athmungsinnervation; Verhandl. des Kongr. f. inn. Medicin, 1886, S. 210—227.

M. Marckwald, Die Athembewegungen und deren Innervation beim Kaninchen; Zeitschr. f. Biologie, XXIII, S. 149—284.

1887.

A. Loewy, Ueber das Athmungscentrum in der Medulla oblongata und die Bedingungen seiner Thätigkeit; du Bois' Arch., 1887, S. 472 (Verhandl. d. Berl. physiol. Ges.).

1888.

A. Loewy, Ueber den Tonus des Lungenvagus; Pflüger's Arch., XLII, S. 273—281.

A. Lustig, Importanza dei microorganismi nella pneumonite per vagotomia, Morgagni 1888, I, p. 392.

A. Stefani e E. Sighicelli, In qual modo il vago polmonare modifica il ritmo del respiro quando aumenta e quando diminuisce la pressione nella cavità del polmone; Sperimentale 1888, und En quelle manière etc.; Arch. italiennes de biol., XI, p. 143—163.

1889.

E. Couvreur, Influence de l'excitation du pneumogastrique sur la circulation pulmonaire de la grenouille; Comptes Rend., CIX, p. 823, Sur l'innervation vasomotrice du poumon; C. R. Soc. de biol., 1889, p. 731.

H. Head, On the regulation of respiration; Journ. of physiol., X, p. 1—70 279—290.

G. Heinricius, Ueber die Bedeutung der Lungenvagi bei Neugeborenen; Zeitschrift für Biologie, XXVI, S. 137—185.

Laulanié, Sur les effets respiratoires et les troubles mortels amenés par les excitations centrifuges du nerf vague; C. R. Soc. de Biol., 1889, p. 94.

A. Timofeeff, Ueber chronische Veränderungen der Athmung nach Durchschneidung beider Nn. vagi; Botkin's klin. Wochenschr., 1889, Nr. 26, 27.

1890.

Arthaud et Butte, Action vasomotrice du nerf pneumogastrique sur le poumon; C. R. Soc. de Biol., 1890, p. 12.

W. Cowl, The factors of the respiratory rhythm and the regulation of respiration; New-York medical Journ., 1890, 6 sept.

J. Gad, Ueber Athemreflexe von den Hauptbronchien, nach Versuchen von Zagari; Verh. d. Berl. physiol. Ges. in du Bois' Arch. 1890, S. 588 - 92.

S. J. Meltzer, On regulation of respiration; New-York medical Journ. 1890, 18. jan. Some remarks etc., ibid. 22. nov.

G. Sandmann, Zur Physiologie der Bronchialmuskulatur; du Bois' Arch., 1890, S. 252–59.

Cather. Schipiloff, Recherches sur l'influence de la sensibilité générale sur quelques fonctions de l'organisme; Arch. des sc. phys. et nat. (3) XXIV, p. 149—175, 266–284.

1891.

Consiglio, Sur l'excitation du moignon central du vague à la suite de l'arrachement du nerf spinal; Archives ital. de biol., 1891, XVI, p. IX.

G. Corin, Contribution à l'étude des fonctions respiratoires du nerf vague; Bull. de l'ac. roy. de Belg. (3) XXII, 516—520.

W. Einthoven, Ueber die Wirkung der Bronchialmuskeln, nach einer neuen Methode untersucht, und über Asthma nervosum; Pflüger's Arch., LI, S. 367—445.

J. Lazarus, Ueber Reflexe von der Nasenschleimhaut auf die Bronchiallumina; du Bois' Arch., 1891, S. 19—36.

Fr. Spalitta, Influenza del vago e del simpatico sopra i movimenti della respirazione; Sicilia med, febbr. 1891; und Influence etc., Archives ital. de biol., XV, p. 376–387.

J. Zagari, Wirkung des Chloroforms u. s. w.; du Bois' Arch., 1891, S. 37–53;

1892.

Th. Beer, Ueber den Einfluss der peripheren Vagusreizung auf die Lunge. Centralbl. f. Physiologie V, S. 782—784; du Bois' Arch., 1892, Suppl.-Bd., S. 101—216.

M. Consiglio; Sur les fibres d' arrêt de la respiration dans le tronc du vague. Arch. ital. de biol., XVII, p. 49–54.

L. Krehl, Ueber die Folgen der Vagusdurchschneidung; du Bois' Arch., 1892, Suppl.-Bd., S. 278—290.

E. Lindhagen, Ueber den Einfluss der Ausschaltung der Nn. vagi auf die Athmung beim Kaninchen; Skand. Arch. f. Physiol., IV, S. 296—330.

S. J. Meltzer, Die athemhemmenden und -anregenden Nervenfasern innerhalb des Vagus in ihren Beziehungen zu einander und zum Athemmechanimus; du Bois' Arch., 1892, S. 340—408.

Fr. Tauszk, Ueber den Einfluss der Lungenvagusfasern auf den Mechanismus der Athmung. Ungar. Arch. f. Med., I, S. 397—404.

1893.

M. Doyon, Contribution à l'étude des effets circulatoires et respiratoires des excitations centrifuges du nerf vague. Archives de physiol. (5) V, p. 93.

Herzen, Des effets de la paralysie des nerfs vagues; (Soc. helvét.) Archives des sc. phys. et nat. (3) XXX, p. 626—629.

C. Vanlair, Survie après la section des deux nerfs vagues; Comptes Rend., CXVI, p. 330—331; Survie après la division successive des deux vagues; Bullet. de l'ac. roy. de Belgique (3) XXV, p. 240—260.

1894.

R. Arnheim, Beiträge zur Theorie der Athmung; du Bois' Arch., 1894, S. 1 ff.

Biscons et Mouret, Note sur les effets de l'excitation du bout central du vague après arrachement du spinal; C. R. Soc. de biologie, 1894, p. 771.

F. Kauders, Ueber den Einfluss der elektrischen Reizung der Nn. vagi auf die Athmung; Pflüger's Arch. LVII, S. 333—374.

O. Langendorff und R. Oldag, Untersuchungen über das Verhalten der die Athmung beeinflussenden Vagusfasern gegen Kettenströme; Pflüger's Arch. LIX, S. 201—224.

E. Meyer, Sur l'innervation respiratoire et l'excitation des nerfs et des muscles chez le nouveau-né; Archives de physiol. (5) VI, p. 472.

F. Piccinino, Sulla genesi della cosidetta pneumonite del vago; Ann. di neurol. XI; Neurol. Centralbl. XIII, S. 556.

(Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.)

Weitere Untersuchungen über den Einfluss der Spannung auf den Zuckungsverlauf.

Von

Dr. **Fr. Schenck.**

Mit 12 Abbildungen.

Die Untersuchung, über die ich berichten will, diente zur Beantwortung folgender Frage:

Bekanntlich hat eine vorübergehende Spannungsvermehrung während der Zuckung zwei entgegengesetzte Wirkungen auf die Verkürzung zur Folge: eine hemmende oder einen negativen Verkürzungzuwachs, wie ich im Folgenden kurz sagen will, und eine fördernde oder einen positiven Verkürzungszuwachs. Bald überwiegt der negative, bald der positive Zuwachs.

Es soll nun untersucht werden, ob eine einfache gesetzmässige Beziehung besteht zwischen der Art (Grösse, Geschwindigkeit, Dauer) der Spannungsänderung und dem Ueberwiegen bald des negativen, bald des positiven Verkürzungszuwachses.

Bekanntlich hat von Kries[1]) den Einfluss der Spannung auf den Verlauf der Zuckung zuerst nachgewiesen. Er hat auch schon die beiden erwähnten verschiedenen Wirkungen der Spannung beobachtet. Von seinen Versuchen, die das zeigen, erwähne ich die sogenannten Zuckungen mit Anfangshemmung, weil sie für unsere Frage von Interesse sind. Diese Versuche sind folgen-

---

1) Du Bois-Reymond's Archiv 1880.

dermaassen angestellt worden: Mit einer rein isotonischen Zuckung wurde verglichen eine Zuckung, bei der der Muskel während einer gewissen variablen Zeit nach der Reizung noch an der Verkürzung gehindert und dann frei gelassen wird. Ueber das Resultat der Versuche schreibt von Kries: „Diese Versuche ergeben nichts besonders Bemerkenswerthes, wenn die Anfangshemmung nur kurz dauert. Die Curve der Anfangshemmung geht dann ohne Weiteres in die des freien Muskels hinein; häufig fällt ihr absteigender Schenkel etwas schneller ab, als der der Normalcurve[1]). Das findet statt, so lange die Anfangshemmung nicht länger dauert, als das „Stadium der steigenden Energie". Wird der Muskel dagegen etwas später freigelassen, so geht die Curve der Anfangshemmung über diejenige der freien Zuckung hinaus[1])".

Es zeigt sich also in den Versuchen in einigen Fällen ein früherer Abfall, in anderen ein späterer, als bei der zum Vergleich gezeichneten isotonischen Zuckung. Ersteres ist der Ausdruck des negativen, letzteres des positiven Verkürzungszuwachses in Folge der zu Beginn der Zuckung eintretenden Spannungsvermehrung.

Von Interesse für unsere Frage sind ferner die unter Fick's Leitung angestellten Untersuchungen von Sogalla[2]) über Schleuderzuckungen. In den Schleuderzuckungen greift der Muskel an einem Längenzeichner an, der bei seiner Erhebung gegen einen äquilibrirten Schleuderhebel stösst, und zwar je nach der Höhe der Einstellung desselben bald früher, bald später. Der Schleuderhebel folgt wegen seiner Trägheit der Verkürzung des Muskels nicht sofort, in Folge dessen nimmt zunächst während der Zeit, in der der Schleuderhebel dem Längenzeichner anliegt, die Spannung des Muskels zu, dann aber wieder ab in dem Maasse, wie nun die Bewegung des Schleuderhebels vor sich geht. Nach der Schleuderung, wenn der Schleuderhebel vom Längenzeichner abgehoben ist, bewegt der Muskel den Längenzeichner allein isotonisch weiter. Das nun gezeichnete Stück der Curve wird mit dem entsprechenden Stück der Curve einer rein isotonischen Zuckung verglichen.

Sogalla fand, dass das Endstück der Schleuderzuckung

1) Im Original nicht gesperrt gedruckt.

2) Dissertation. Würzburg 1889.

in manchen Fällen, besonders bei geringem Trägheitsmoment des Schleuderhebels, ganz im Areal der isotonischen lag — hier zeigte sich also der negative Verkürzungszuwachs —, in anderen fiel es über die isotonische hinaus: positiver Verkürzungszuwachs.

Meine Versuche über diesen Gegenstand, die sich mit dem Einfluss der Temperatur, Belastung und Ermüdung auf die beiden Wirkungen der Spannungsänderung beschäftigten, brauche ich hier nicht zu erwähnen, weil sie für unsere Fragestellung nicht von Interesse sind. Ich komme erst später auf sie zu sprechen, weil das Gesetz, das wir aus den neuen Beobachtungen ableiten werden, auch auf die Ergebnisse meiner frühern Versuche einiges Licht wirft.

Die Spannungsvermehrung ist in den erwähnten Versuchen von von Kries und Sogalla die Ursache der Veränderung des Contractionsacts. Da liegt nun die Vermuthung nahe, dass die verschiedenen Veränderungen des Contractionsacts: das einemal Ueberwiegen des negativen, das andere Mal Ueberwiegen des positiven Verkürzungszuwachses bedingt sind durch Verschiedenheiten in der Art der Spannungsänderung. Bei der Spannungsänderung sind zu berücksichtigen: Dauer, Grösse und Geschwindigkeit derselben. Es fragt sich also, ob eine gesetzmässige Beziehung zwischen der Art der Spannungsänderung und ihrer Wirkung besteht.

Zunächst ist zu erörtern, ob aus den bisherigen Beobachtungen schon etwa ein Gesetz zu entnehmen ist. Es ist das nicht möglich, weil hier der Verlauf der Spannungsänderung nicht bekannt ist. Nur bei den Versuchen mit Anfangshemmung von von Kries können wir den Verlauf der Spannungsänderung vermuthen. Die Zuckung mit Anfangshemmung verläuft in ihrem ersten Theile wie die isometrische. Es muss die Spannungsänderung also ebenso, wie bei der isometrischen sein bis zu dem Punkte, wo die Entspannung beginnt. Das Ende der Spannungsänderung wird nicht wesentlich später liegen, als der Beginn der Entspannung, weil die Entspannung sehr schnell erfolgt sein wird[1]). Aus den Beobachtungen von Kries' würde sich folgender Satz ableiten lassen: Wenn die Spannungsvermehrung bis zu der plötzlich erfolgenden Spannungsabnahme gleich der isometrischen Spannungs-

1) von Kries glaubt, dass die Entspannung stattfindet in einer Zeit, die jedenfalls kleiner ist als 0,002″. Ich habe früher (dies Archiv Bd. 53, S. 394) darauf hingewiesen, dass wenigstens für seine Versuche, in denen

änderung ist und das Ende der Spannungsänderung in die erste Hälfte der ganzen Zuckungsdauer fällt, überwiegt der negative Verkürzungszuwachs, oder beide Wirkungen heben sich auf; liegt das Ende in der zweiten Hälfte der Zuckungsdauer, so überwiegt der positive Verkürzungszuwachs. Um ein allgemeineres Gesetz aufzustellen, ist das Material, das diese Versuche liefern, doch wohl zu spärlich.

In den Versuchen Sogalla's erfahren wir über die Spannungsänderung überhaupt nichts Näheres. Es erschien somit geboten, neue und möglichst vielseitige Versuche anzustellen, in denen die Spannungsänderung genau registrirt wurde. Methodische Schwierigkeiten standen einer solchen Untersuchung nicht im Wege; es konnte die gleichzeitige Registrirung von Länge und Spannung geschehen mit Hülfe der Apparate, bei denen das obere Muskelende mit dem Spannungszeichner, das untere mit dem Längenzeichner verknüpft ist. Wir benutzten dazu den von Schönlein angegebenen Apparat[1]).

Zunächst war es erwünscht, die Versuche Sogalla's zu wiederholen, aber mit Registrirung der Spannungsänderung. Denn die Schleuderzuckungen erschienen geeignet zum Studium der vorliegenden Frage, weil bei ihnen durch Veränderung des Trägheitsmoments des Schleuderhebels, sowie durch verschieden hohe Einstellung desselben eine grosse Mannichfaltigkeit der einzelnen Versuche erreicht werden konnte.

Dieser Theil der Untersuchung ist von Herrn Dr. Maschinsky auf meine Veranlassung hin ausgeführt worden.

Belastungsverminderung des Muskels während der Zuckung erfolgte, diese Vermuthung nicht zutrifft, weil die Verzögerung der Entlastung durch den remanenten Magnetismus nach Oeffnen des Stromes des Electromagneten nicht berücksichtigt wurde. In ähnlichen Versuchen erhielt ich eine Entlastungszeit, die fast das Zehnfache der von von Kries vermutheten betrug, nämlich 0,018″. Bei der Entspannung in den Zuckungen mit Anfangshemmung liegen aber andere Bedingungen vor, als bei der Lastverminderung. Bei den Zuckungen mit Anfangshemmung wurde der Hebel electromagnetisch festgehalten bis zum Beginn der Spannungsabnahme. Die stärkere Spannung, die der Muskel bis dahin erreicht hat, bewirkt jedenfalls, dass der Hebel von Electromagneten schneller abgerissen wird, als in den Versuchen mit Lastverminderung.

1) Dessen Beschreibung siehe dies Archiv Bd. 52, S. 108 und Bd. 50, S. 167.

Bei den Schleuderzuckungen kommt die vermehrte Spannung zu Stande durch die contractilen Kräfte des Muskels, nicht auch noch durch von aussen einwirkenden Zug. Die Spannungsvermehrung, die durch die contractilen Kräfte des Muskels allein zu Stande kommt, ist aber eine beschränkte. Das Maximum derselben wird dann erhalten, wenn der Muskel ganz an seiner Verkürzung gehemmt wird, d. i. bei der isometrischen Zuckung. Am einfachsten wird daher die in dem Versuche erhaltene Spannungsänderung durch ihre Abweichungen von der grösstmöglichen angegeben.

Ich gehe jetzt über zur Beschreibung der einzelnen Versuchsresultate.

I. Zunächst seien die Versuche erwähnt, bei denen der Schleuderhebel so eingestellt war, dass er dem Längenzeichner von vorneherein auflag und also gleich bei Beginn der Contraction ergriffen wurde.

Ueber den Verlauf der Spannungsänderung in diesem Falle lässt sich im Allgemeinen Folgendes sagen: Die Spannungsänderung beginnt in demselben Zeitpunkt, in dem auch bei der isometrischen Zuckung die Spannungsänderung anfängt; das Ende der Spannungsänderung, sowie der Zeitpunkt, in dem die grösste Spannung erreicht ist, liegen bei den Schleuderzuckungen um so später, je grösser das Trägheitsmoment des Schleuderhebels ist. Die grösste erreichte Spannung und die Steilheit des Anstiegs sind um so grösser, je grösser das Trägheitsmoment. Im Allgemeinen sieht die Curve der Spannungsänderung bei den Schleuderzuckungen, also der isometrischen Curve ähnlich aus, nur sind Dauer, Grösse und Steilheit des Anstiegs um so geringer, je kleiner das Trägheitsmoment des Schleuderhebels ist.

In den Curven des Längenzeichners interessirt uns hier hauptsächlich die Lage des absteigenden Schenkels der Schleuderzuckungscurve im Vergleich zu dem der isotonischen. Bei geringem Trägheitsmoment des Schwunghebels liegt der absteigende Schenkel der Schleuderzuckung ganz innerhalb des Areals der isotonischen. Mit zunehmendem Trägheitsmoment nähert er sich zunächst der isotonischen Curve, fällt dann mit ihr zusammen und geht schliesslich über sie hinaus.

Die Figur 1 zeigt solche Curven: *m* ist die isometrische Spannungscurve, *t* die isotonische Längencurve, *a* und *b* sind zusammengehörige Spannungs- und Längencurven von Schleuder-

zuckungen, *a* bei unbelastetem Schwunghebel, *b* bei einer Belastung des Schwunghebels mit 500 gr, beiderseits 80 mm von der Achse entfernt.

Was nun die Beziehung der Spannungsänderung zur Lage des Abstiegs der Schleuderzuckungscurve anlangt, so zeigte sich ausnahmslos Folgendes:

Der Abstieg der Schleuderzuckungscurve fiel vor die isotonische, wenn das Ende der Spannungsänderung innerhalb 0,15 bis

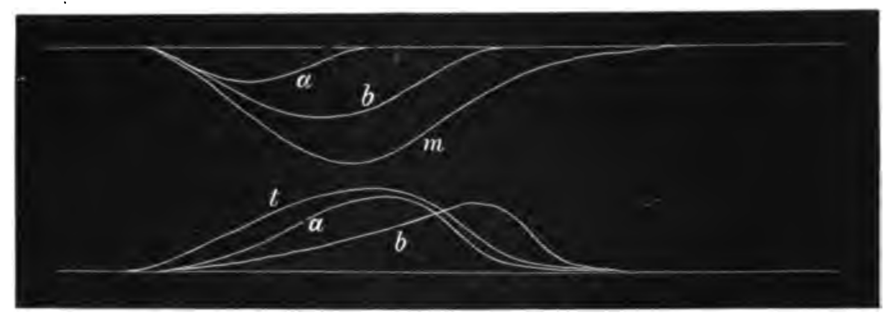


Fig. 1.

0,4 der ganzen Abscissenlänge der isometrischen Curve lag, er fiel mit der isotonischen zusammen, wenn das genannte Ende in der Strecke von 0,4—0,5 zu liegen kam, er fiel später, wenn das Ende der Spannungsänderung später als die Mitte der isometrischen Curve lag.

II. Wird bei den Schleuderzuckungen der Schwunghebel höher eingestellt, so dass er nicht gleich im Beginn der Contraction mitbewegt wird, so verläuft die Zuckung erst eine Zeit lang isotonisch bis zu dem Punkte, wo der Längenzeichner gegen den Schleuderhebel stösst. Von da ab beginnt die Spannungsänderung — auch hier zuerst Spannungszunahme, dann wieder Spannungsabnahme — und die Spannungsänderung ist auch hier wieder zu Ende, wenn der Schleuderhebel vom Längenzeichner abgehoben ist. Die Curven der Spannungsänderung verlaufen hier ähnlich, wie bei den unter I beschriebenen Versuchen, nur beginnen sie natürlich später und ihre Steilheit und ihre höchste Erhebung ist ceteris paribus geringer als bei diesen.

Auch hier wollen wir zunächst nur den **Endpunkt** der Spannungsänderung berücksichtigen. Da hat sich nun merkwürdiger Weise genau dieselbe Beziehung zwischen der Lage dieses Endpunkts und der Lage des absteigenden Schenkels der Schleuder-

zuckungscurve im Vergleich zu der isotonischen ergeben, wie bei den unter I beschriebenen Versuchen. Es ist ganz einerlei, wann die Spannungsänderung beginnt und wie sie im Uebrigen verläuft: Fällt ihr Ende in die ersten $^4/_{10}$ der isometrischen Abscissenlänge, so ist der Abstieg der Schleuderzuckung gegen den der isotonischen verfrüht, fällt es in die zweite Hälfte, so ist er verspätet, fällt es in das fünfte Zehntel, so fallen die absteigenden Schenkel der Schleuderzuckung und der isotonischen zusammen.

Aus unseren neuen Beobachtungen und den Resultaten der Versuche von Kries' mit Anfangshemmung zusammen lässt sich nun folgender Satz ableiten:

Fällt das Ende einer vorübergehenden Spannungsvermehrung in die zweite Hälfte der Zuckungsdauer, so überwiegt der positive Verkürzungszuwachs, fällt es in die erste Hälfte, so überwiegt der negative oder beide Wirkungen der Spannungsänderung heben einander auf. Es ist im Uebrigen einerlei, wie die Spannungsänderung verläuft.

Bei den bisher beschriebenen Versuchen war der Muskel mässig belastet, nämlich mit 10 gr. Versuche mit verschiedener Belastung des Muskels ergaben, dass das Gesetz noch gültig ist für weit grössere Belastungen. Dabei erhielten wir eine eigenartige Bestätigung unseres Satzes in folgender Art: In einigen Versuchen lag z. B. bei 10 gr Belastung der Abstieg der Schleuderzuckungscurve merklich später als der der isotonischen. Bei 30 gr Belastung war die Verspätung geringer, bei 55 gr noch geringer, oder in einigen Fällen sogar umgekehrt eine Verfrühung erhalten. Die Curven der Spannungsänderungen, insbesondere deren Dauer, waren in allen drei Fällen fast genau gleich. Aber die Dauer der isometrischen Zuckung blieb nicht dieselbe. Fick hat schon früher[1]) beobachtet, dass die isometrische Zuckung um so länger dauert, je grösser die Anfangsspannung. Das zeigte sich auch in unseren Versuchen. Bezogen auf die Dauer der isometrischen Zuckung waren also die Spannungsänderungen der Schleuderzuckungen nicht gleich: ihr Ende fiel relativ um so früher, je grösser die Belastung des Muskels war. Daher war auch die Lage des Abstiegs der

1) A. Fick, Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung etc. Leipzig 1882. S. 132.

Längencurve im Vergleich zur isotonischen bei den verschiedenen Belastungen verschieden.

Nach den Versuchen von Freisfeld und mir[1]) war indess zu erwarten, dass bei sehr grosser Last eine Veränderung der Lage des Abstiegs der Schleuderzuckung gegen den der isotonischen überhaupt nicht mehr zu Stande kam. Wir haben das in der That auch in einigen Versuchen beobachtet, in denen wir die Last des Muskels ungewöhnlich gross machten.

Aus dem vorhin aufgestellten Satze ergeben sich noch einige Folgerungen.

Zunächst ergiebt sich ohne Weiteres aus ihm, dass das Ueberwiegen des negativen Verkürzungszuwachses begünstigt wird durch eine kurzdauernde Spannungsvermehrung, das Ueberwiegen des positiven Zuwachses aber durch eine länger anhaltende Spannungsvermehrung.

Ferner ergiebt sich noch ein Satz, den ich am besten an der Hand eines Versuchsbeispiels erläutere. In Fig. 2 sehen wir bei

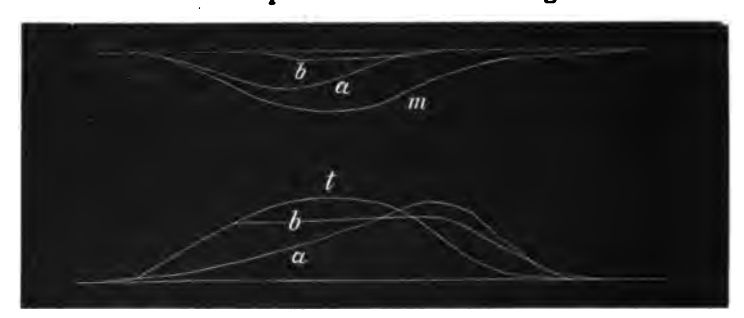


Fig. 2.

m wieder eine isometrische Curve, bei *t* die isotonische, *a a* sind Spannungs- und zugehörige Längencurve einer Schleuderzuckung, *b b* einer anderen; bei letzterer war der Schleuderhebel hoch eingestellt. Die absteigenden Schenkel der Längencurven *a* und *b* fallen über die isotonische beträchtlich hinaus, in ihrem unteren Theile liegen *a* und *b* fast zusammen, im oberen liegt *a* allerdings noch merklich über *b*, der Unterschied erscheint aber gering im Vergleich zu den Verschiedenheiten, die die zugehörigen Spannungscurven *a* und *b* zeigen: In *b* beträgt die grösste erreichte Spannung nur etwa $^1/_4$ der von *a*, ausserdem ist An- und Abstieg von *b* weniger steil, als von *a*. Die Endpunkte von *a* und *b* fallen annähernd

1) Dies Archiv Bd 57. S. 606.

zusammen. Was lehrt nun die Thatsache, dass die Wirkungen der beiden verschiedenen Spannungsänderungen so wenig Unterschied zeigen?

Um das klar zu machen, müssen wir die Wirkung, die eine Spannungsvermehrung nach dem bisher Bekannten überhaupt hat, in ihre Componenten zergliedern. Die vermehrte Spannung löst in dem Muskel zwei verschiedene Vorgänge aus, einen Vorgang *A*, der eine verstärkte Verkürzung zur Folge hat, einen Vorgang *B*, der eine verminderte Verkürzung zur Folge hat. Die Gesammtwirkung, die mit *C* bezeichnet sein mag, ist also gleich der Differenz *A*—*B*. Es ist nun undenkbar, dass *A* und *B* unter sonst gleichen Umständen immer dieselben Werthe haben, einerlei ob die Spannungsänderung gross oder klein ist: es wird vielmehr sowohl *A*, als *B* um so grösser werden, je grösser die Spannungsvermehrung. Zeigt sich nun *C* nach zwei verschiedenen Spannungsänderungen gleich, wie das in unserem Falle annähernd der Fall ist, während *A* und *B* verschieden, und zwar um so grösser sein müssen, je grösser die Spannungsänderung, so ist es klar, dass das Verhältniss *A*:*B* nicht das gleiche geblieben sein kann, sondern bei der grösseren Spannungsänderung kleiner sein muss, als bei der geringeren: es wird *B* durch die grössere Spannungsänderung relativ mehr vergrössert, als *A*. Wenden wir diese allgemeine Betrachtung auf unseren speciellen Fall an, so ergiebt sich, dass durch die schnelle und grosse Spannungsänderung in Curve *a* der den negativen Verkürzungszuwachs verursachende Vorgang im Vergleich zu dem positiven mehr begünstigt wird, als durch die geringere langsame Spannungsänderung in der Curve *b*.

Der eben aufgestellte und der vorhin abgeleitete Satz zusammen ergeben folgendes allgemeine Gesetz:

Kurz dauernde, sowie schnelle und grosse Spannungsvermehrung begünstigt das Ueberwiegen des negativen Verkürzungszuwachses, länger anhaltende, sowie langsame und geringe Spannungsvermehrung das Ueberwiegen des positiven Verkürzungszuwachses.

Dieser Satz gründet sich allerdings auf verhältnissmässig spärliches Beobachtungsmaterial; es erschien daher wünschenswerth, ihn auf seine Richtigkeit durch weitere Versuche zu prüfen.

In den Versuchen, zu deren Mittheilung ich jetzt übergehe, hatte ich mein Augenmerk auf den ersten Theil unserer Behaup-

tung gerichtet. Ich wollte feststellen, dass eine kurz dauernde, schnelle, grosse Spannungsvermehrung das Ueberwiegen des negativen Verkürzungszuwachses zur Folge hat.

Ich muss hier nochmals daran erinnern, dass in den bisher erwähnten Versuchen die Spannungsvermehrung nur durch die contractilen Kräfte des Muskels zu stande gebracht worden ist. Der Muskel wurde nicht etwa durch äussere Kräfte gedehnt, verlängert, sondern nur durch äussere Widerstände an der Verkürzung gehemmt, so dass seine contractilen Kräfte Spannung statt Verkürzung erzeugten. Bei dieser Art der Spannungsvermehrung ist, wie schon früher erwähnt, ihre Geschwindigkeit und Grösse beschränkt, nie grösser als bei der isometrischen Zuckung. Insbesondere erscheint es nicht möglich, auf diese Weise erhebliche Spannungsänderungen zu erhalten, wenn die Spannungsänderung nur kurze Zeit dauern soll.

Es steht dem aber nichts im Wege, durch Zug am Muskel von aussen her die Spannungsänderung zu schaffen. Das bietet die Möglichkeit, auch bei kurzer Dauer der Spannungsänderung beliebig grosse Geschwindigkeit und Grösse der Spannung zu erhalten. In den Versuchen geschah das nach folgendem Plane: Der Muskel greift an am Längenzeichner. In einem bestimmten zu variirenden Zeitpunkt während der Zuckung übt eine vorher electromagnetisch festgehaltene Feder einen Zug auf das untere Muskelende aus. Durch eine besondere Vorrichtung ist es ermöglicht, dass nach sehr kurzer Zeit die Spannung der Feder wieder aufhört zu wirken, so dass die Spannung des Muskels momentan wieder auf die Anfangsspannung zurückgeht. Der nach der Spannungsänderung erfolgende Verlauf der Zuckung wurde verglichen mit dem der freien isotonischen.

Der Apparat, der zu diesem Zwecke diente, war so beschaffen: Unter dem Angriffspunkt des Muskels am Längenzeichner (*L*, Fig. 3) war ein Faden befestigt, dessen anderes Ende fest verbunden war mit einem Arme eines leichten hölzernen zweiarmigen Hebels *H*. Eine Feder *F*, die bei *B*. festgehalten wurde, wurde nach abwärts gebogen und gespannt gehalten, dadurch dass ein mit ihr verbundener kleiner Anker *A* durch den Elektromagneten *M* festgehalten wurde. Wenn nach Oeffnen des Stromkreises von *M* die Feder losgelassen wird, stösst sie bei ihrer Entspannung gegen das rechte Ende von *H*, erhebt dieses, zieht in Folge dessen

den Längenzeichner und das untere Muskelende nach unten. Bei weiterer Aufwärtsbewegung der Feder gleitet sie aber von dem Hebelende ab, es erfolgt danach momentane Entspannung des Muskels, der leichte Hebel *H* hindert die Bewegung des unteren Muskelendes nicht. Die Oeffnung des Stromkreises erfolgte in einem von der bewegten Schreibfläche zu öffnenden verstellbaren Contact. Die Grösse der Spannungsänderung war durch Variiren des Abstandes zwischen *H* und *L* zu verändern. Ich nenne diese Art von Zuckungen kurz „Zugzuckungen".

Eins erwies sich als Uebelstand bei dieser Versuchsanordnung. Bei der momentan erfolgenden Entspannung waren Entstellungen der Curven des Längenzeichners durch Trägheitsschwin-

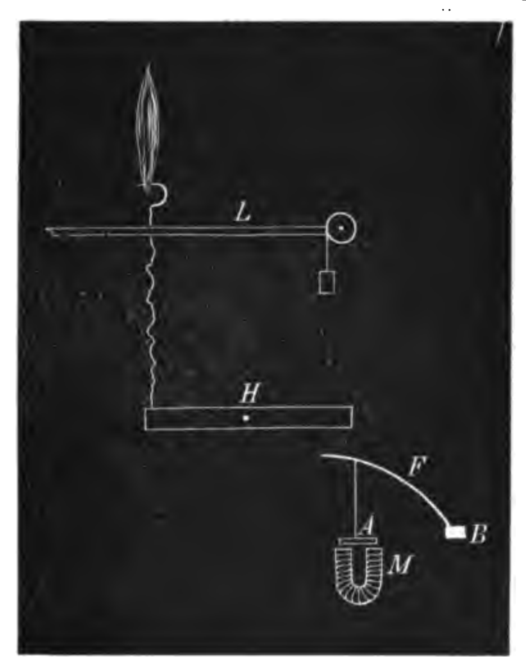


Fig. 3.

gungen desselben nicht zu vermeiden. Diese Schleuderungen complicirten die Versuchsresultate nicht nur desshalb, weil die Längenänderung des Muskels ungetreu wiedergegeben wurde, sondern auch, weil sie mit Spannungsänderungen des Muskels verknüpft waren, die neben der Spannungsänderung, auf die es ankam, noch auf den Verlauf des Contractionsacts von Einfluss sein konnten. Besonders bei sehr grossen Spannungsänderungen wurden

Curven erhalten, aus denen wegen dieser Complicationen wenig zu entnehmen ist.

Indess reichen die Versuchsergebnisse doch aus, um auf die Frage eine Antwort zu geben, zu deren Beantwortung die Versuche angestellt wurden, weil in vielen Fällen die Schleuderung des Längenzeichners so unerheblich war, dass trotz ihr der wirkliche Verlauf der Längenänderung, besonders die Lage des absteigenden Schenkels der Curven, zu erkennen war.

Das Resultat ist kurz folgendes: Erfolgt die Spannungsänderung gleich im Beginn der Zuckung, so zeigt das Endstück keinen wesentlich anderen Verlauf als das der isotonischen Zuckung; je später man aber den Beginn der Spannungsänderung auf den Beginn der Verkürzung folgen lässt, desto mehr zeigt sich eine Verfrühung des Endstücks. Während aber bei den Schleuderzuckungen, bei denen eine Verfrühung des Endstücks zu beobachten ist, der Grad dieser Verfrühung nicht sehr erheblich ist, ist

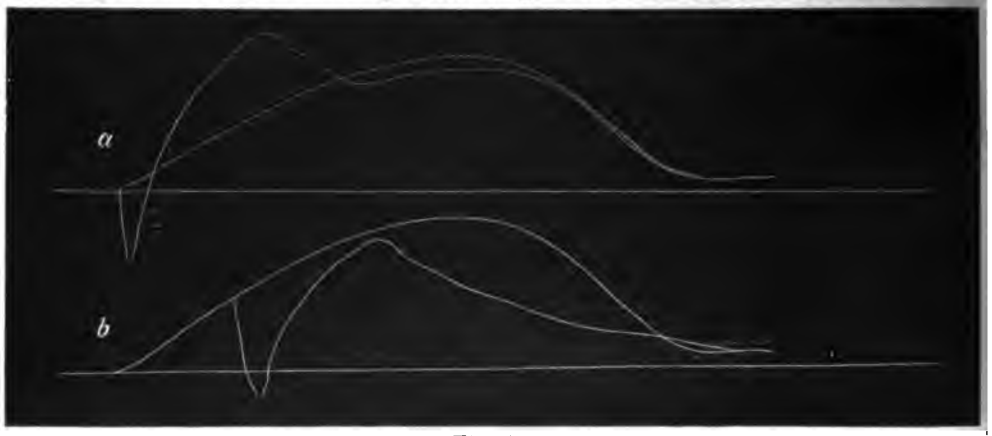


Fig. 4.

er hier sehr bedeutend — man erhält ähnliche Bilder, wie bei den Anschlagzuckungen des warmen Muskels[1]), bei denen der Muskel durch das Anschlagen des Längenzeichners gegen ein festes Widerlager an seiner Verkürzung gehemmt wurde und die dadurch bewirkte Spannungsvermehrung einen bedeutend verfrühten Abfall der Curve zur Folge hatte.

In Figur 4 *a* und *b* und 5 gebe ich einige so erhaltene Curven wieder. In Figur 4 *a* beginnt die Spannungsänderung in demselben

1) Siehe dies Archiv Bd. 55, S. 626 und Bd. 57, S. 608.

Moment, in dem bei der isotonischen die Verkürzung beginnt. Die Curve der Zuckung mit Zug liegt nach der Spannungsänderung in ihrem Anfangstheile bedeutend über der isotonischen, d. i. der Ausdruck der Trägheitsschwingung des Längenzeichners. Später liegt sie nur wenig unter der isotonischen und die Abstiege beider decken sich schliesslich. Fig. 4*b* wurde von demselben Muskel erhalten, wie 4 *a*, der Beginn der Spannungsänderung fällt hier später. Nach der Spannungsänderung liegt die ganze Zugzuckungscurve innerhalb des Areals des isotonischen bis auf ein kleines Stück am Ende, und zwar bedeutend tiefer als diese. Dass die isotonische am Ende etwas tiefer liegt, ist wohl dadurch bedingt, dass in ihr eine Trägheitsschwingung des Längenzeichners im Spiele ist, die bei dem

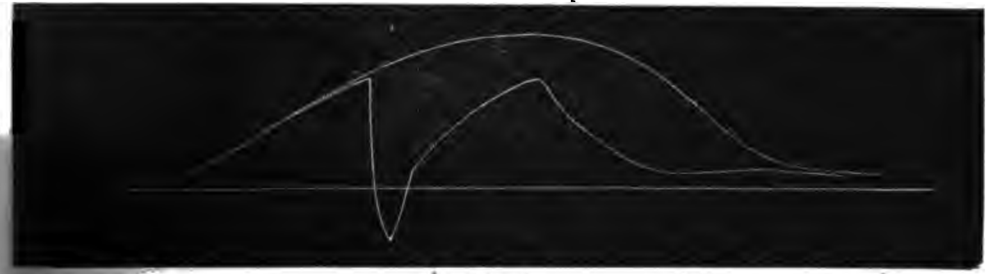


Fig. 5.

langsameren Abstiege in der Zugzuckungscurve wegfällt. Figur 5, die von einem anderen Präparate stammt, zeigt dasselbe; bei ihr liegt der Beginn der Spannungsänderung noch später, als bei 4 *a* und die Spannungsänderung ist noch grösser, auch hier zeigt sich der bedeutend frühere Abfall der Zugzuckungscurve.

Aus den Curven entnimmt man zugleich, wie schnell die Spannungsänderung vor sich geht. Die Spannung nimmt zu von dem Moment, wo die Zugzuckungscurve sich von der isotonischen abhebt bis zu dem untersten Punkt der Zugzuckungscurve. Darauf folgt die momentane Entspannung in dem Moment, wo die Zugzuckungscurve sich von ihrem niedrigsten Punkte wieder nach oben zu heben beginnt. Dass die Curve des Längenzeichners hier nicht momentan aufwärts steigt, liegt daran, dass die Verkürzung des Muskels langsamer vor sich geht, als die ihr vorausgehende Entspannung. Den Spannungszeichner liess ich in den meisten dieser Versuche nicht mitzeichnen, weil seine Curven so sehr durch Eigenschwingungen desselben entstellt waren, dass aus ihnen nichts entnommen werden konnte. Man entnimmt aus der Längenzeichner-

curve, dass die Spannungsänderung nur einen geringen Theil der ganzen Zuckungsdauer, etwa $^1/_{20}$ derselben in Anspruch nahm.

Die mitgetheilte Thatsache gilt zunächst nur für den Fall, dass der Beginn der Spannungsänderung nicht später fällt als etwa der Gipfel der isotonischen Curve. Fiel der Beginn der Spannungsänderung später, so war aus den Curven nichts Sicheres zu entnehmen wegen der angegebenen Entstellungen.

Bei der Anschlagzuckung des warmen Muskels beginnt oft der Abfall des Längenzeichners vom Anschlag in einem Zeitmoment, der vor der Gipfelzeit der isotonischen Zuckung liegt. Diese Thatsache habe ich früher[1]) besonders hervorgehoben, weil sie mir von besonderer theoretischer Bedeutung zu sein scheint. Ein Skeptiker könnte nun gegen meine damaligen Eröterungen Einspruch erheben, weil diese Thatsache ihm nicht genügend gesichert scheinen könnte. Denn bei dem warmen Muskel weist die isotonische Zuckungscurve erhebliche Entstellungen durch Trägheitsbewegungen des Längenzeichners auf (siehe z. B. die Figur 1 Seite 608 in Bd. 57 dieses Archivs). Es wäre also möglich, dass die Lage der



Fig. 6.

Gipfelzeit der isotonischen Zuckung in Folge der Entstellung der Curve nicht genau genug zu erkennen ist, um meine Behauptung gelten zu lassen.

In den neuen Versuchen mit Zugzuckungen habe ich nun ganz entsprechende Beobachtungen am zimmerwarmen Muskel gemacht, die meinen früheren theoretischen Eröterungen eine sicherere thatsächliche Grundlage schaffen, weil in diesen Fällen eine Entstellung der Curven durch Schleuderung in den in Betracht kommenden Theilen sicher auszuschliessen ist. Ein solches Beispiel bietet z. B. die Figur 4 *b*, ein anderes gebe ich in Figur 6 wieder. In der isotonischen Curve findet sich nur am Ende eine Einbuchtung

1) Dies Archiv Bd. 57, S. 613.

nach unten, die vielleicht als Schleuderung gedeutet werden könnte, dieselbe ist aber gering. Da der Anstieg der isotonischen Curve noch viel weniger steil als der Abstieg ist, dürfen wir behaupten, dass in ihm eine etwaige Schleuderung zu klein ist, um eine in Betracht kommende Entstellung der Curve in diesem Theile bewirkt zu haben; mithin wird der Gipfel der Curve auch der wirklichen Gipfelzeit der Zuckung entsprechen. In der Curve der Zugzuckung ist vielleicht der Gipfel entstellt, aber wir dürfen annehmen, dass von dem Puncte * ab die Curve wieder der getreue Ausdruck der Längenänderung des Muskels ist, weil von da ab der Abstieg sogar weniger steil ist, als der Anstieg der isotonischen Curve. Spätestens vom Puncte * ab erfolgt also der Abstieg bei der Zugzuckung. Der Punct * liegt aber erheblich früher als die Gipfelzeit der isotonischen Curve. Zum Vergleich ist auch noch eine Anschlagzuckung gezeichnet, bei der der Anschlag etwa in der dem Puncte * entsprechenden Höhe lag. Das Endstück der Anschlagzuckung — bei der wir eine langsamere, geringere, aber länger anhaltende Spannungsänderung haben, als bei der Zugzuckung —geht über die isotonische hinaus, wie das beim zimmerwarmen Muskel meist der Fall ist.

Aehnliche Versuche, wie die mit Zugzuckungen, habe ich nun ferner noch in folgender Art angestellt. Der Muskel hatte Schleuderzuckungen auszuführen, bei denen ihm aber der Schleuderhebel entgegengeworfen wurde. Hier bewirkte die lebendige Kraft des Schleuderhebels eine Dehnung des Muskels und dadurch Spannungszunahme; die Spannungsabnahme erfolgte danach, indem der Muskel den Schleuderhebel zurückwarf. Um den Schleuderhebel dem Muskel entgegenzuwerfen, wurde er in Bewegung gesetzt durch eine sich entspannende Feder, die bis dahin gespannt gehalten wurde durch einen Elektromagneten, ähnlich wie bei den Zugzukkungen der Holzhebel bewegt wurde. Der Stromkreis des Elektromagneten wurde in einem Contact geöffnet durch die Bewegung der Schreibfläche. Die Stellung des Contacts war so bemessen, dass der bei Oeffnen des Stromkreises in Bewegung gesetzte Schleuderhebel in einem bestimmten zu variirenden Zeitpunkte während der Zuckung gegen den Längenzeichner stiess. Diese Art von Zuckungen sei kurz „Zugschleuderzuckungen“ genannt.

Es erfolgt hier die Spannungs-Zu- und Abnahme langsamer, als bei den Zugzuckungen; in Folge dessen ist die Entstellung

der Curven durch Eigenbewegungen des Längenzeichners geringer. In Folge dessen war hier auch wieder die Verwendung des Spannungszeichners möglich. Fig. 7 giebt eine so vom ruhenden

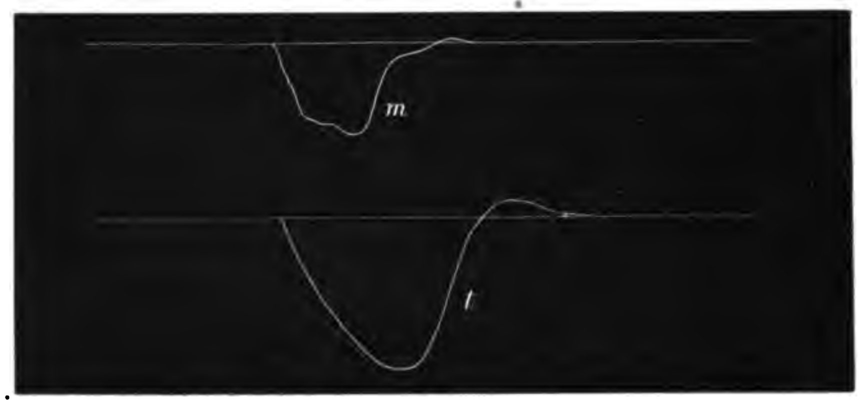


Fig. 7.

Muskel erhaltene Curve von Spannungs- (*m*) und Längenzeichner (*t*). Man erkennt an der Längenzeichnercurve, dass die Erhebung des Zeichners über die Abscissenachse nach der Entspannung nicht von sehr grossem Betrage ist.

Von demselben Muskel wurde ferner die Zugschleuderzuckungscurve *a* der Fig. 8 erhalten. Die Spannungsänderung beginnt etwa

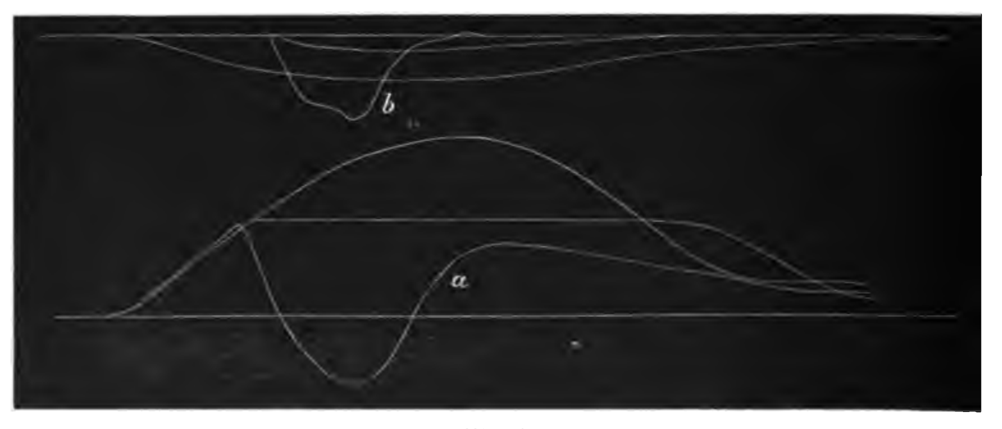


Fig. 8.

in der Mitte des Anstiegs der isotonischen Curve. Nach Ausweis der Spannungscurve, die sich bei *b* findet, war die Spannungsänderung zu Ende in dem Schnittpunkte der Längenzeichnercurve mit der Abscissenachse für den Längenzeichner. Von da ab verläuft

die Zugschleuderzuckung also wieder isotonisch: das nun gezeichnete Stück der Curve fällt ganz in's Areal der isotonischen Curve und zwar beträchtlich tiefer, als diese. Auch hier haben wir also wieder das beträchtliche Ueberwiegen des negativen Verkürzungszuwachses bei der schnellen, grossen und immer noch verhältnissmässig kurzen Spannungsänderung. Auch hier habe ich zum Vergleich eine Anschlagzuckung mitzeichnen lassen. Die Curven des Spannungs- und Längenzeichners, die von derselben erhalten sind, sind leicht zu erkennen. Unter den Spannungscurven befindet sich ferner noch eine isometrische. Die beträchtliche Verfrühung des Endstücks der Zugschleuderzuckung wurde immer erhalten.

Sowohl die Resultate der Versuche mit Zugzuckungen als die mit Zugschleuderzuckungen haben also ganz das ergeben, was nach dem S. 55 aufgestellten Satze zu erwarten war.

Nach früheren Beobachtungen von Freisfeld und mir nähert sich das Endstück der Anschlagzuckung des warmen Muskels, das beim unermüdeten, gering belasteten Muskel bedeutend verfrüht ist, dem entsprechenden Stück der isotonischen Curve um so mehr, je mehr der Muskel ermüdet ist und je stärker er belastet ist. Ich hatte aus diesen Beobachtungen den Schluss gezogen, dass Ermüdung und Belastung die hemmende Wirkung der Spannung auf die Verkürzung beeinträchtigen. Unsere neue Erkenntniss zwingt uns aber, diese Annahme vorläufig als zweifelhaft hinzustellen, weil ich früher nicht die verschiedene Art der Spannungsänderung in den Anschlagzuckungen bei verschiedenen Graden von Ermüdung und Belastung in Rücksicht gezogen habe. Es wäre nicht unmöglich, dass unsere Beobachtungen bloss durch Verschiedenheiten im Verlaufe der Spannungsänderungen bedingt seien aus folgendem Grunde:

Sowohl beim ermüdeten, als beim stark belasteten Muskel ist der Anstieg der Zuckung weniger steil, als beim unermüdeten, gering belasteten. In der Anschlag-Zuckung muss in Folge dessen die Spannung bei jenen langsamer zunehmen, als bei diesen. Nach unseren neuen Beobachtungen überwiegt aber der negative Verkürzungszuwachs um so weniger, je langsamer die Spannungsänderung vor sich geht. Aus der Verschiedenheit der Spannungs-

änderung sind also unsere früheren Beobachtungen erklärlich ohne die damals gemachten Annahmen. Es bleibt also fraglich, ob die Ermüdung und Belastung den erwähnten Einfluss haben, und wir sind gezwungen, durch neue Untersuchungen festzustellen, ob ein solcher Einfluss existirt oder nicht.

Ich habe deshalb Versuche mit Zugschleuderzuckungen an ermüdeten Muskeln angestellt und die Resultate mit den am unermüdeten gewonnenen verglichen. Der Muskel (Doppelsemimembranosus und gracilis, lange Anordnung, belastet mit 10 gr) wurde ermüdet durch Reizung mit einzelnen auf einander in Abständen von etwa 1″ folgenden Inductionsströmen.

Es wurden nun an ein und demselben Präparat zuerst vor der Ermüdung, dann bei mässig ermüdetem Muskel und schliesslich nach starker Ermüdung Versuche mit Zugschleuderzuckungen gemacht. Die Anordnung war so getroffen, dass der Beginn der Spannungsänderung etwa in das zweite Drittel des Anstiegs der isotonischen Zuckung fiel.

Fig. 9 giebt so erhaltene Curven, auf ein Drittel verkleinert, wieder, *a* vom unermüdeten, *b* vom mässig ermüdeten, *c* vom stark ermüdeten Muskel.

Die Curven lehren zunächst einmal, dass auch beim ermüdeten Muskel noch ein erheblicher negativer Verkürzungszuwachs zu

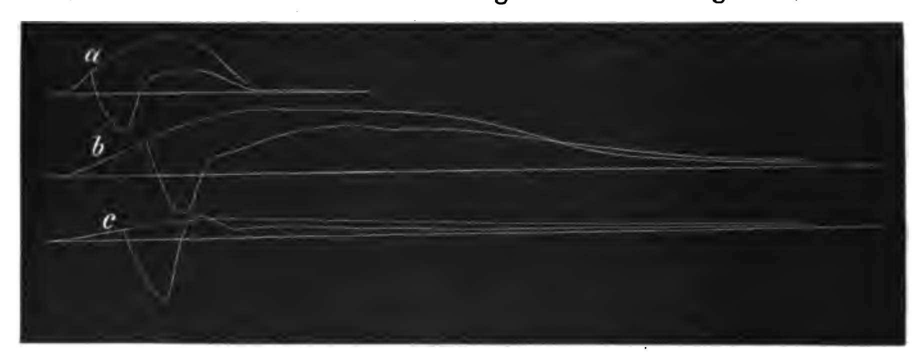


Fig. 9.

erhalten ist, dass also die hemmende Wirkung der Spannung auf die Verkürzung nicht absolut aufgehoben ist, wie ich früher annahm. Es lässt sich aber aus den Curven noch mehr entnehmen. Es fällt auf, dass bei *a* und *c* die Curve der Zugschleuderzuckung relativ, verglichen mit der zugehörigen isotonischen Curve, viel tiefer liegt, als bei *b*. Ja bei *b* nähert sie sich der isotonischen

immer mehr und geht am Ende sogar über sie hinaus, während sie bei *a* und *c* immer beträchtlich unter der isotonischen bleibt. Denn das Hinausgehen der Zugschleuderzuckungscurve über die isotonische bei *c* gleich nach der Spannungsänderung, darf wohl auf Entstellung der Curve durch Eigenbewegung des Längenzeichners zurückgeführt werden. Es ist also der negative Verkürzungszuwachs in *b* relativ geringer als in *a* und *c*. Dies Resultat erhielt ich immer in den Ermüdungsversuchen.

Diese Thatsache scheint mir doch darauf hinzuweisen, dass die hemmende Wirkung der Spannung auf die Verkürzung durch die Ermüdung zwar nicht aufgehoben, aber doch eingeschränkt ist. Das wird die folgende Betrachtung lehren.

Wir wollen uns zwei Curven construiren von folgender Beschaffenheit: Die Abscisse der Curven soll den Grad der Ermüdung des Muskels bedeuten. *A* (Fig. 10) ist der Abscissenpunkt für



Fig. 10.

den unermüdeten, *B* der für den grössten beobachteten Grad der Ermüdung. Als Ordinaten der ersten Curven tragen wir das Stück auf, um das die Verkürzung des Muskels verkleinert gedacht werden muss, wenn bei der Spannungsänderung die hemmende Wirkung der Spannung allein zu Stande käme, ohne dass gleichzeitig ein Theil dieser Wirkung wieder rückgängig gemacht würde durch den Vorgang, der im Gegentheil eine fördernde Wirkung zur Folge hat. Es sei diese Ordinate für den unermüdeten Muskel *AC*. Wenn mit fortschreitender Ermüdung die hemmende Wirkung beeinträchtigt wird, muss die Curve nach rechts absinken. Die Beeinträchtigung der hemmenden Wirkung braucht nun nicht proportional dem Grade der Ermüdung zu sein, so dass die Curve *CD* nicht eine gerade Linie ist, sondern etwa eine Curve, die nach

unten convex ist. Das würde mit Worten heissen: Die Beeinträchtigung der hemmenden Wirkung nimmt mit zunehmendem Grade der Ermüdung zuerst schnell, nachher langsam zu.

Die hemmende Wirkung wird nun zum Theil wieder aufgehoben durch die gleichzeitig mit eintretende fördernde Wirkung der Spannung auf die Verkürzung. Auch diese ist nach dem Ergebniss der Versuche mit Anschlagzuckungen des kalten Muskels um so geringer, je grösser die Ermüdung. Eine Curve, die die Abhängigkeit der fördernden Wirkung von der Ermüdung in entsprechender Weise darstellen würde, wie die Curve $C\,D$ dies für die hemmende Wirkung thut, würde also auch nach rechts absinken, ausserdem aber immer unterhalb $C\,D$ liegen müssen, weil der negative Verkürzungszuwachs in den in Rede stehenden Versuchen immer überwiegt. Es sei dies die Curve $E\,F$. Es könnte nun der Fall sein, dass die Ordinaten von $E\,F$ sich nach einem anderen Gesetz ändern, wie die von CD, so dass die beiden Curven sich nach rechts hin zuerst einander nähern, später wieder auseinandergehen. In diesem Falle würde der senkrechte Abstand beider Curven, der dem in den Versuchen zu beobachtenden Ueberwiegen des negativen Verkürzungszuwachses entspricht, bei unermüdetem und stark ermüdetem Muskel grösser sein, als beim mässig ermüdeten. Und das haben wir ja thatsächlich beobachtet. Es lassen sich also die Beobachtungen, die wir bei den Zugschleuderzuckungen des ermüdeten Muskels gemacht haben, wohl verwerthen zur Stütze der Ansicht, dass der negative Verkürzungszuwachs durch die Ermüdung beeinträchtigt wird[1]).

1) Das Resultat der Zugschleuderzuckungen des ermüdeten Muskels stimmt überein mit dem Resultate einiger Versuche über die Summation der Wirkungen von Entlastung und Reiz, über die ich kürzlich berichtet habe (dies Arch. Bd. 59. S. 395). Wenn man die Belastung des Muskels im Beginn der Verkürzung um einen gewissen Betrag vermindert, so geht die Zuckung nicht so hoch hinauf, wie bei der Zuckung, die der Muskel isotonisch mit der kleinen Last allein ausführt. Dies muss hauptsächlich darauf zurückgeführt werden, dass bei der Entlastungszuckung die grosse Last im Beginn der Zuckung den hemmenden Einfluss ausübt, der im negativen Verkürzungszuwachs zum Ausdruck kommt. Ausserdem kommt noch in Betracht, dass bei der Entlastungszuckung in Folge der vorausgegangenen grossen Dehnung der Muskel eine grössere Länge hat, als bei der isotonischen mit kleiner Last; diese Länge nimmt erst langsam in Folge elastischer Nachwirkung ab. Nun zeigte sich, dass die Hubhöhe der Entlastungszuckung verglichen mit der isotonischen mit fortschreitender Er-

Jedenfalls geht aber doch aus den neuen Beobachtungen hervor, dass die Unterschiede der Anschlagzuckungen des warmen unermüdeten und ermüdeten Muskels wesentlich mit durch die Verschiedenheiten der Spannungsänderungen bedingt sind.

Was den Einfluss der Belastung auf den negativen Verkürzungszuwachs anlangt, so macht eine allgemeine Betrachtung schon wahrscheinlich, dass die gleiche Spannungsvermehrung um so geringeren negativen Verkürzungszuwachs zur Folge haben wird, je grösser von vorne herein die Spannung des Muskels ist. Der Beweis dafür ist aber durch die früheren Beobachtungen an Anschlagzuckungen des warmen Muskels bei verschiedener Belastung nicht erbracht, weil auch hier Verschiedenheiten im Verlaufe der Spannungsänderungen mit im Spiel gewesen sein könnten. Der geringere negative Verkürzungszuwachs bei grosser Last könnte dadurch bedingt sein, dass bei der grossen Last die Spannung langsamer zunimmt, als bei der geringen. Es fragt sich also, ob ich in den früheren Versuchen mit Anschlagzuckungen des warmen Muskels schon wirklich das Maximum der Belastung gefunden habe, bei dem die Spannungsvermehrung keine hemmende Wirkung auf die Contraction mehr ausübt, oder ob das Maximum erst bei einer viel grösseren Belastung erhalten wird.

---

müdung zuerst zu-, dann aber wieder abnahm. Es ist also hier, wie bei den Zugschleuderzuckungen, der negative Verkürzungszuwachs am geringsten bei mittlerem Grade von Ermüdung. Die Erklärung, die ich von diesen früheren Beobachtungen gegeben habe, stimmt mit der für die Zugschleuderzuckungen insofern überein, als ich die anfängliche relative Zunahme der Hubhöhe der Entlastungszuckung auch darauf zuruckgeführt habe, dass die Ermüdung die hemmende Wirkung der Spannung beeinträchtigt. Diese Beeinträchtigung habe ich mir früher viel grösser vorgestellt, als ich nach meinen neuen Beobachtungen darf, und desshalb suchte ich die Unterschiede der Hubhöhen der Entlastungs- und isotonischen Zuckung bei stark ermüdetem Muskel nur aus der Verschiedenheit der Ausgangslängen des Muskels zu erklären. Ich habe den Verschiedenheiten der Ausgangslängen da doch wohl zu grosse Bedeutung beigelegt und muss auf Grund der neuen Beobachtungen meine Annahme dahin richtig stellen, dass auch bei stark ermüdetem Muskel die Spannung noch eine erhebliche hemmende Wirkung auf die Verkürzung ausübt. Denn bei den Versuchen mit Zugschleuderzungen spielen nicht verschiedene Ausgangslängen eine Rolle.

Bei den Anschlagzuckungen des warmen Muskels zeigte sich der negative Verkürzungszuwachs nicht mehr bei einer Belastung des Präparats (Doppelsemimembranosus und -gracilis, lange Anordnung) mit 50 gr.

Um die aufgeworfene Frage zu entscheiden habe ich nun Zugschleuderzuckungen bei verschiedenen Belastungen des zimmerwarmen Präparats registrirt. Die grösste Belastung, die in den Versuchen zur Verwendung kam, betrug 78,5 gr, also noch mehr als bei den erwähnten Versuchen mit Anschlagzuckungen.

Fig. 11 giebt so erhaltene Curven wieder, *a* für die Belastung 3,5 gr, *b* für 78,5 gr. Wir entnehmen daraus, dass auch

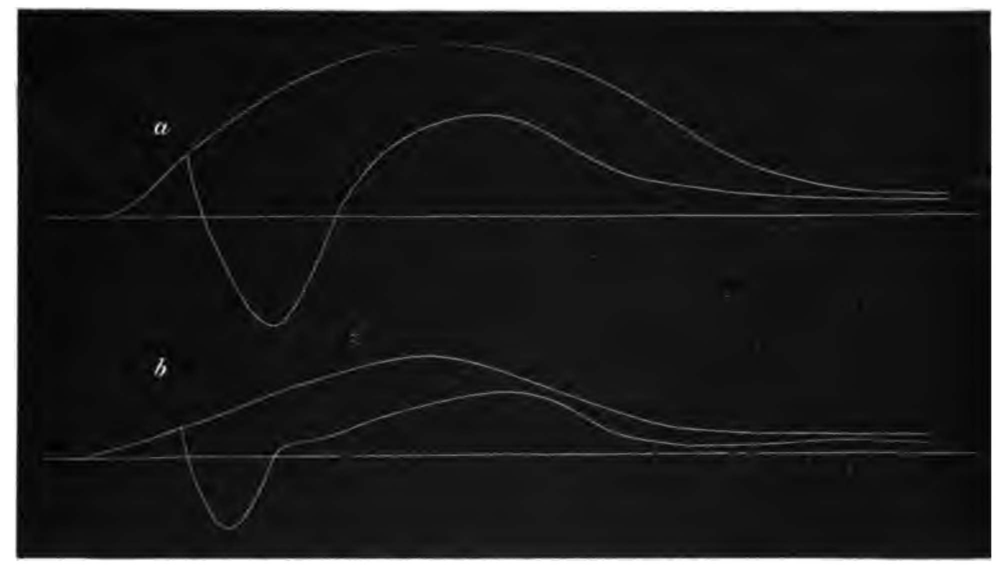


Fig. 11.

bei der grossen Belastung die Zugschleuderzuckungscurve noch ganz in's Areal der isotonischen fällt. Aber es macht sich doch ein Unterschied gegenüber der bei geringer Last geltend. Das Endstück der Zugschleuderzuckung nähert sich bei grosser Last der isotonischen doch mehr, als bei geringer. Wenn wir also auch zugeben müssen, dass bei der grossen Last die Hemmung der Verkürzung durch Spannungsvermehrung bei weitem noch nicht vollständig aufgehoben ist, so erkennen wir doch, dass sie geringer geworden ist. Demnach kommt der Belastung des Muskels doch der vermuthete Einfluss auf den negativen Verkürzungszuwachs zu. Ich habe

nicht die grösste Belastung, bei der sich kein negativer Verkürzungszuwachs mehr zeigt, ausfindig machen können, weil ich fürchtete, durch zu grosse Last den Apparat zu schädigen. Bei der Belastung des Muskels mit 78,5 gr hingen an der Rolle schon 1570 gr.

Bei den Anschlagzuckungen des unermüdeten, gering belasteten warmen Muskels sinkt das Endstück immer früher, bei denen des kalten immer später ab, als die isotonische Curve. Ich habe diese Thatsache früher dadurch erklären zu können geglaubt, dass beim warmen Muskel die Spannung relativ weniger Einfluss auf den Kraftumsatz hat, als beim kalten, wie das myothermische Beobachtungen von Fick lehren. In dieser Erklärung wurde ich aber stutzig gemacht, als eigene Beobachtungen mich lehrten, dass der Unterschied in der Wirkung der Spannung auf die Wärmebildung des warmen und kalten Muskels bei der geringeren Belastung, die die Muskel bei den Anschlagzuckungen hatten, nicht so gross ist, als die früheren Versuche Fick's ergeben hatten, in denen die Muskel sehr stark belastet waren. Unsere neuen Beobachtungen weisen nun darauf hin, dass noch ein anderes Moment beiträgt zum Zustandekommen der fraglichen Verschiedenheiten. Beim warmen Muskel geht die Spannungsänderung schneller vor sich und dauert kürzer, als beim kalten, dadurch muss das Ueberwiegen des negativen Verkürzungszuwachses beim warmen, das des positiven beim kalten zum Mindesten mit bedingt sein.

Es fragt sich dann aber, ob überhaupt neben diesem Moment noch die Unterschiede in der Veränderung des Kraftumsatzes beim Zustandekommen der beschriebenen Erscheinungen betheiligt sind. Dass muss doch wohl zugegeben werden, weil auch in anderen Fällen unzweifelhaft der positive Verkürzungszuwachs um so geringer ist, je geringer die Veränderung des Kraftumsatzes. So ist beim kalten Muskel die Verspätung des Endstücks der Anschlagzuckung um so geringer, je grösser die Ermüdung und Belastung, obwohl der Verlauf der Spannungsänderung nach dem aus den neuen Beobachtungen gefolgerten Gesetz für ein Ueberwiegen des positiven Verkürzungszuwachses beim ermüdeten und stark belasteten Muskel günstiger ist, als beim unermüdeten, gering belasteten. Da nun nach den Beobachtungen Heidenhain's auch die Ver-

1) Dies Archiv Bd. 57. S. 572.

grösserung der Wärmebilung durch die Spannung um so geringer wird, je grösser die Ermüdung und Belastung, so ist die Beziehung zwischen dem Ueberwiegen des positiven Verkürzungszuwachses und der vermehrten Wärmebildung unverkennbar. Wahrscheinlich wird der positive Verkürzungszuwachs eine Folge des vergrösserten Kraftumsatzes sein. Wenn eine solche Beziehung besteht, muss sie natürlich auch die Unterschiede in der Lage der Endstücke der Anschlagzuckung des warmen und kalten Muskels mit verursacht haben.

Schliesslich möchte ich noch auf eine Thatsache aufmerksam machen, die schon aus früher mitgetheilten Beobachtungen zu entnehmen ist, die aber bisher noch nicht genügend gewürdigt wurde. Es kommt vor, dass die beiden Wirkungen der Spannung — der negative und der positive Verkürzungszuwachs — in einem Versuche zu beobachten sind. Z. B. ist bei den Schleuderzuckungen oft Folgendes zu beobachten. Die Curve, die der Längenzeichner bei der Schleuderzuckung zeichnet, steigt zuerst weniger steil an als die isotonische, kreuzt dann in der Regel letztere in ihrem absteigenden Schenkel und liegt von da ab ganz ausserhalb des Areals der isotonischen. Der Punkt, in dem sich der Schleuderhebel vom Längenzeichner abhebt, d. i. das Ende der Spannungsänderung, von dem ab die Schleuderzuckung wieder isotonisch verläuft, liegt dabei oft noch innerhalb des Areals der isotonischen Curve. Hier zeigt sich also in der Schleuderzuckung vom Ende der Spannungsänderung bis zum Kreuzungspunkt der Curven ein Ueberwiegen des negativen Verkürzungszuwachses, von da ab bis zum Ende der Zuckung ein Ueberwiegen des positiven Zuwachses. Das Ueberwiegen des negativen Verkürzungszuwaches geht dem des positiven voran.

Diese Reihenfolge zeigt sich immer, wenn in einem Versuche beide Wirkungen nacheinander erscheinen, und zwar nicht bloss bei den Schleuderzuckungen, sondern auch bei anderen Zuckungsarten. Z. B. kommt in manchen Fällen von Anschlagzuckungen des zimmerwarmen Muskels vor, dass das Endstück der Anschlagzuckung zuerst innerhalb, später ausserhalb des Areals der isotonischen Zuckung liegt. Ferner kann man Aehnliches bei Zuckungen mit Anfangshemmung des zimmerwarmen Muskels beobachten.

Verwandte Erscheinungen zeigen sich aber auch sowohl in den Fällen, wo nach der Spannungsänderung nur der negative Verkürzungszuwachs, als auch in solchen, wo nur der positive überwiegt. Z. B. bei Schleuderzuckungen geht die Curve des Längenzeichners von dem Endpunkt der Spannungsänderung immer erst noch ein Stück nach aufwärts, um danach langsam zum Abstieg umzukehren. Nun kommt es oft vor, dass von demselben Zeitpunkt ab die isotonische Curve weniger steil ansteigt, als die Schleuderzuckungscurve, oder absinkt, so dass von diesem Zeitpunkt ab der senkrechte Abstand beider Curven in dem Falle, wo die Schleuderzuckungscurve innerhalb des Areals der isotonischen liegt, abnimmt, dagegen in dem Falle, wo die Schleuderzuckungscurve schon ausserhalb des Areals der isotonischen Curve liegt, zunächst zunimmt, um erst abzunehmen, wenn die Schleuderzuckungscurve absinkt. Im ersten Falle ist also das Ueberwiegen des negativen Verkürzungszuwachses am grössten gleich nach der Spannungsänderung und nimmt von da allmählich ab; im zweiten Falle ist das Ueberwiegen des positiven Zuwachses gleich nach der Spannungsänderung am kleinsten und nimmt von da ab zunächst noch zu. Der im Versuch zu beobachtende Verkürzungszuwachs, sei er negativ oder positiv, ist aber gleich der Differenz der beiden entgegengesetzten Wirkungen, die die Spannung auf den Contractionsact ausübt. In dieser Differenz überwiegt natürlich der Subtrahent um so mehr, je grösser das Ueberwiegen des negativen oder je geringer das des positiven Zuwachses ist. Der Subtrahent, d. i. der negative Zuwachs ist also relativ, d. i. im Vergleich zum Minuend, am grössten gleich nach der Spannungsänderung, der Minuend, d. i. der positive Verkürzungszuwachs, ist relativ am grössten einige Zeit nach der Spannungsänderung. Der positive Verkürzungszuwachs hält nach der Spannungsänderung länger an, als der negative.

Wenn man bei Schleuderzuckungen das Trägheitsmoment des Schwunghebels immer mehr vergrössert, so fällt der Endpunkt der Spannungsänderung immer später, bis er schliesslich bei unendlich grossem Trägheitsmoment, d. i. bei der isometrischen Zuckung mit dem Zuckungsendpuncte zusammenfällt. Je näher nun die beiden Punkte einander liegen, desto weniger Zeit ist vorhanden, für das längere Anhalten des positiven Zuwachses nach dem eben aufgestellten Gesetz, desto mehr wird also im Sinne dieses Gesetzes der posi-

tive Zuwachs durch den negativen rückgängig gemacht. Man darf desshalb vermuthen, dass die Verspätung des Abstiegs der Schleuderzuckungscurve nicht mit Vergrösserung des Trägheitsmoments stetig wächst, sondern dass sie sich schliesslich von einem gewissen grossen Trägheitsmoment ab nicht mehr ändert oder gar abnimmt. Dies zeigte sich thatsächlich in Versuchen, die in der angegebenen Art angestellt werden. Fig. 12 giebt so erhaltene Curven wieder,



Fig. 12.

t die isotonische, *a* eine Schleuderzuckungscurve bei Belastung des Schleuderhebels mit 500 gr beiderseits, *b* bei Belastung mit 1000 gr.

Aehnliches ist auch bei höherer Einstellung des Schleuderhebels zu beobachten. Hier geht die Schleuderzuckung bei unendlich grossem Trägheitsmoment in die Ausschlagzuckung über. Ich habe nun Fälle beobachtet, wo das Endstück der Anschlagzuckung früher fiel, als der absteigende Schenkel einer Schleuderzuckung, bei der die Schleuderung in demselben Zeitpunkt begann, wie bei der Anschlagzuckung der Anschlag.

Ich fasse zum Schlusse die Lehre vom Einfluss der Spannung auf den Zuckungsverlauf nach ihrem derzeitigen Stande in folgende Sätze zusammen:

1. Eine vorübergehende Spannungsvermehrung während der Zuckung hat eine Aenderung des Zuckungsverlaufs zur Folge.

2. Die Spannungsvermehrung hat zwei einander entgegengesetzte Wirkungen auf die Verkürzung, nämlich

a) einen negativen Verkürzungszuwachs, der sich äussert in geringerer Verkürzung,

b) einen positiven Verkürzungszuwachs, der sich äussert in grösserer Verkürzung, als in entsprechender Zeit bei Isotonie.

Je nach dem Ueberwiegen des einen oder des anderen Zuwachses ist die Verkürzung geringer oder grösser als bei Isotonie.

3. Kurz dauernde, sowie schnelle und grosse Spannungsänderung begünstigt das Ueberwiegen des negativen, länger anhaltende, sowie langsame geringe Spannungsvermehrung das Ueberwiegen des positiven Verkürzungszuwachses.

4. Der negative Verkürzungszuwachs ist unmittelbar nach der Spannungsänderung, der positive etwas später, relativ am grössten, sodass manchmal nach der Spannungsvermehrung erst geringere, nachher grössere Verkürzung resultirt, als bei Isotonie.

5. Beide Wirkungen werden beeinträchtigt
   a) durch grössere Belastung des Muskels,
   b) wahrscheinlich auch durch Ermüdung.

6. Es besteht ein Parallelismus zwischen der Grösse des positiven Zuwachses und der Steigerung des Kraftumsatzes durch die Spannungsvermehrung. Wahrscheinlich ist desshalb der positive Zuwachs eine Folge des grösseren Kraftumsatzes.

Die beiden neu aufgestellten, unter Nr. 3 und 4 angeführten Sätze haben besonderes theoretisches Interesse, auf das ich noch aufmerksam machen möchte. Die Thatsache, dass der negative Verkürzungszuwachs unmittelbar nach der Spannungsänderung relativ am stärksten in Erscheinung tritt, der positive erst später, macht es wahrscheinlich, dass der negative Verkürzungszuwachs bedingt ist durch eine unmittelbarere Wirkung der Spannung auf den Verkürzungsvorgang, als der positive. Das entspricht den früher von mir über beide Wirkungen geäusserten Ansichten. Die negative Wirkung soll danach in einer directen Hemmung des Verkürzungsvorgangs in den contractilen Theilchen und in einer Beschleunigung der Erschlaffung schon contrahirter Theilchen bestehen. Die positive Wirkung dagegen kommt mittelbar zu Stande dadurch, dass erst der Erregungsprocess weiter um sich greift und danach der so bewirkte grössere Kraftumsatz den positiven Verkürzungszuwachs zur Folge hat.

Von den beiden Momenten, die den negativen Zuwachs bedingt haben könnten, habe ich früher dem zweiten, nämlich der Beschleunigung der Erschlaffung, den Hauptantheil zugeschrieben. Diese Ansicht wird gestützt durch meine neue Beobachtung, dass der negative Zuwachs um so leichter überwiegt, je plötzlicher die Spannungsänderung ist und je kürzer sie dauert. Eine locker gefügte Kette wird leichter gesprengt werden durch einen kurzen kräftigen Ruck, als durch langsame, wenn auch anhaltende Span-

nung. Bei dem kurzen Ruck wird die Sprengung noch begünstigt durch die Erschütterung, durch die die Kette noch mehr gelockert wird. Das was den Muskel in contrahirtem Zustand hält, müssen wir uns aber als locker gefügte Kette denken; nach der Pflüger'schen Theorie ist es eine Kette von labilen Atomgruppen, deren Zerfall, d. i. die Erschlaffung, der Sprengung der Kette entspricht. Die neuen Beobachtungen sind also im Sinne meiner früheren Annahme recht wohl verständlich.

Weniger verständlich würden sie sein, wenn der negative Verkürzungszuwachs hauptsächlich auf einer directen Hemmung des Verkürzungsvorgangs beruhte. Warum sollen die contractilen Kräfte nach Aufhören des kurzen Rucks nicht weiter wirken?

Auch die Thatsache, dass der positive Verkürzungszuwachs durch langsame und anhaltende Spannungsvermehrung mehr begünstigt wird, als durch einen kurzen Ruck, ist im Sinne meiner Anschauungen begreiflich. Die Ausbreitung des Erregungsprocesses, die den grösseren Kraftumsatz zur Folge hat, erfordert Zeit. Wenn nun die Bedingung, die eine Ausbreitung des Erregungsprocesses ermöglicht, nämlich die grössere Spannung schon verschwunden ist, ehe die Erregung merklich um sich greifen konnte, ist es verständlich, dass die Erregung und ihre Folgen nicht in dem Maasse verstärkt werden können, als wenn durch länger anhaltende Spannung diese Bedingung länger erhalten wird.

Nachtrag.

Während der Drucklegung der vorstehenden Abhandlung erschien eine Arbeit von von Kries[1]), in der er gegen mich Einiges vorbringt, das zu dem Vorstehenden in Beziehung steht. Ich will daher hier kurz darauf eingehen.

I. von Kries hatte zur Erklärung seiner Beobachtungen den Satz aufgestellt, dass die Entlastungsverkürzung und Thätigkeitsverkürzung gleichartig seien, und dass man bei der Zuckung „den Antheil der elastischen und der contractilen Kräfte“ nicht von einander trennen dürfte. Dagegen hatte ich Einspruch erhoben. Es scheint mir nun, dass seine Ansicht jetzt nicht mehr von meiner abweicht, denn er schreibt: „Selbstverständlich ist, dass Zustandsänderungen des ruhenden Muskels einerseits und des thätigen

1) Du Bois-Reymond's Archiv, 1895, S. 142.

anderseits nicht genau den gleichen Vorgang darstellen können." Die Entlastungsverkürzung und Thätigkeitsverkürzung sieht er demnach nicht mehr als gleichartig an: Die Verkürzungskräfte sind bei ihnen verschieden, gleichartig sind sie nur insofern, als überhaupt die Gestaltsveränderung des Muskels in beiden Fällen die gleiche ist. Mithin wird man aber doch wohl „den Antheil der elastischen und contractilen Kräfte" von einander trennen müssen.

II. von Kries behauptet, wenn in seinen Entlastungsversuchen der Muskel während eines Anfangsstückes der Zuckung sich noch in der höheren Spannung befunden hätte — was meiner Ansicht nach der Fall war —, so sollte man doch nach allem, was über den Einfluss hoher Anfangsspannungen auf den Ablauf der Muskelprocesse bekannt ist, davon eher eine Vermehrung als eine Verminderung des Zuckungsablaufs erwarten gegenüber dem, was bei einer sogleich von Anfang an geringen Spannung stattgefunden hätte. Das kann ich nicht zugeben, denn von Kries selbst hat gezeigt, dass die Verminderung der Hubhöhe und ein früherer Abfall eintrifft, auch wenn der Belastungswechsel nach dem Beginn der Verkürzung statt hat, in welchem Falle sicher im Anfang der Zuckung die höhere Spannung noch vorhanden war (siehe Fig. 17, S. 367 Du Bois-Reymond's Archiv 1880).

III. von Kries behauptet, in seinen Versuchen sei die Entlastung momentan geschehen und nicht, wie ich meine, durch remanenten Magnetismus verzögert; er führt neue Versuche an, die seine Behauptung stützen sollen. Ich führe dagegen Folgendes an:

1) Die neue Versuchsanordnung zur Entlastung des Muskels ist nicht genau gleich der alten (Du Bois-Reymond's Archiv 1880, S. 354). Die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, dass bei der alten die Entspannung nicht so momentan erfolgte, als bei der neuen. von Kries hätte zeigen müssen, dass die Entspannung momentan erfolgt, wenn er genau so wie früher verfährt.

2. Die Verkürzung des ruhenden Muskels erfordert bei der alten Versuchsanordnung fast ebenso viel Zeit, wie in meinen Versuchen mit verzögerter Entlastung, während sie in meinen Versuchen mit wirklich momentaner Entlastung viel schneller, fast momentan, erfolgte.

3. Ich habe die von von Kries bei Entlastungszuckungen beobachtete Erscheinung nur bei verzögerter Entlastung, nicht aber bei momentaner erhalten.

Ueber angebliche Blaublindheit der Zapfen-Sehzellen.

Von

Ewald Hering,
Professor an der deutschen Universität Prag.

In einer Mittheilung „Ueber angebliche Blaublindheit der Fovea centralis“[1]) habe ich die Unvereinbarkeit der von A. König zum Beweise solcher Blaublindheit angeführten Farbengleichungen[2]) mit seinen „Grundempfindungscurven“[3]) dargelegt. Obwohl ich bei dieser Gelegenheit auf bekannte Thatsachen hingewiesen habe, welche die Farbentüchtigkeit der Fovea normaler Augen ausser Zweifel stellen, ergiebt sich doch aus einer Entgegnung König's[4]), dass er die Fovea noch immer für blaublind erklärt.

Ich finde mich hierdurch veranlasst, in der kritischen Besprechung seiner Untersuchungen fortzufahren und zunächst seine Annahme, dass alle Zapfen blaublind seien, näher zu beleuchten. Während er nämlich die Stäbchen wegen ihres Gehaltes an sogenannten Sehstoffen (Sehpurpur und Sehgelb) als Vermittler farbloser („grauer“) und blauer Lichtempfindung ansieht, sollen die Zapfen eine ganz andersartige Function haben, keinen Sehstoff enthalten und nur als „dioptrische Apparate“ wirken, um das Licht auf das Pigmentepithel zu concentriren, welches letztere „die Roth- und Grünsubstanz“ enthalten und der Ort der „Perception des Roth und Grün“ sein soll.

Es wird genügen, die nächstliegenden Consequenzen dieser Annahme zu ziehen, um den Werth ihrer Begründung seitens

1) Dieses Arch. Bd. 59, S. 403. 1894.

2) Ueber d. menschl. Sehpurpur etc. Sitz.-Ber. der Berl. Akad. vom 21. Juni 1894.

3) Die Grundempfindungen etc. Sitzungs-Bericht der Berl. Akad. vom 29. Juli 1886 und Zeitschr. für Psychol. u. Physiol. der Sinnesorg. Bd. IV, S. 241. 1893.

4) Dies. Arch. Bd. 60, S. 230. 1895.

König festzustellen und die eigenthümliche Incohärenz seines Hypothesenbaues darzulegen.

I. Bemerkungen zu König's Entgegnung.

König gesteht zwar in seiner Entgegnung den von mir hervorgehobenen Widerspruch zwischen seinen älteren und neueren Angaben als „formell richtig“ zu, bemerkt aber, dass ich auf die von ihm selbst wiederholt erwähnte „Beobachtungs- und Rechnungsunsicherheit“ seiner Untersuchungen nicht Rücksicht genommen und die „falsche Annahme“ gemacht, dass er die früher von ihm mitgetheilten Reizwerthe und Curven noch für die richtigsten halte. Die theilweise Ungenauigkeit derselben sei ihm durch viele seitdem gewonnene Erfahrungen bereits wahrscheinlich und nunmehr durch seine Foveagleichungen „zur Gewissheit“ geworden.

Ich habe jedoch keineswegs, wie König irrthümlich annimmt, seinen schon in der ersten Abhandlung gemachten Hinweis darauf übersehen, dass, wie er jetzt betont, gewisse von ihm in die Rechnung eingeführte „Zahlencoefficienten durch die Beobachtungsunsicherheit einigermaassen beeinflusst worden“, und ebensowenig übersehen, dass er in seiner letzten Abhandlung „etwas niedrigere Werthe der rothen Grundempfindung“ wahrscheinlich fand, als die früher angenommenen. Dies Alles zeigte eben, wie sehr er die factische Tragweite der „Beobachtungs- und Rechnungsunsicherheit“ seiner Untersuchungen unterschätzte, und forderte dazu auf, dieselbe an einem besonders schlagenden Beispiel darzulegen, wie es der Widerspruch zwischen seinen „Grundempfindungscurven“ und seinen Foveagleichungen darbot. Dieser Widerspruch kann dadurch nicht kleiner werden, dass nach König's Auffassung die von ihm früher angenommenen Werthe nur „einigermaassen“ oder „etwas“ abzuändern wären, um den Widerspruch zu lösen. Denn was dieses Einigermaassen oder Etwas thatsächlich bedeutet, und welcher Art die Folgen der von König selbst zugestandenen „Beobachtungs- und Rechnungsunsicherheit“ eigentlich sind, geht u. A. aus Folgendem zur Genüge hervor:

Nach den von König früher mitgetheilten Reizwerthen und Curven würden für den Fall der „Blaublindheit“ nur diejenigen homogenen Lichter eine Gleichung mit einem aus Roth von 650^{λ} und Blau von 475^{λ} passend gemischten Lichte zulassen, welche

der Strecke vom äussersten Roth bis zu einem bestimmten Grün-Gelb angehören, nach den von ihm jetzt vertretenen Reizwerthen aber noch überdies alle homogenen Lichter von jenem Gelb-Grün bis zum Blau von 475 !. Beide so verschiedene Fälle lagen also nach König's eigenem Zugeständniss innerhalb der Beobachtungs- und Rechnungsunsicherheit seiner Untersuchungen. Dadurch hat er nun auch selbst eine weitere Erörterung dieser Unsicherheiten überflüssig gemacht.

II. Die Unvereinbarkeit der König'schen Hypothese von der Blaublindheit der Zapfen mit dem Baue der Stäbchen-Zapfenschicht.

Nach Angabe der Anatomen und Histologen finden sich im macularen Bezirke der Retina, dessen Durchmesser sich nach ganzen Millimetern bemisst, mit Ausnahme des peripheren Theiles nur Zapfen, während König von der Voraussetzung ausgeht, dass nur ein kleiner centraler Theil der Macula (die „Fovea") stäbchenfrei sei, welcher etwa 55—70 Winkelminuten[1]) entsprechen soll und also einen Durchmesser von nur 0,24—0,3 mm haben würde. Dem gegenüber will ich die Angaben der Fachmänner, soweit mir die Literatur eben zur Hand ist, kurz zusammenstellen.

Henle[1]): Die Jacob'sche Haut „zeichnet sich am gelben Flecke durch den Mangel der eigentlichen Stäbchen aus".

M. Schultze[2]): „Die Zahl der Stäbchen zwischen den Zapfen nimmt im Umkreise des gelben Fleckes stetig ab, so dass endlich an der Macula lutea selbst nur noch Zapfen übrig sind."

Kölliker[3]): „Die Stäbchen fehlen am ganzen gelben Flecke".

Hasse[4]): „am Beginn" (von aussen nach innen genommen) „der Macula sind die Stäbchen vollkommen geschwunden, und es treten nur Zapfen auf".

Merkel[5]) definirt sogar die Macula nicht durch die nur unsicher zu bestimmende Grenze des gelben Pigments, sondern durch „das ausschliessliche Vorkommen von Zapfen in der Gegend um die Fovea".

---

1) Zeitschr. f. rat. Medic. N. F. Bd. II, S. 307. 1852.
2) Archiv f. mikr. Anat. Bd. II, S. 223. 1866.
3) Gewebelehre V. Aufl. S. 677. 1867.
4) Zeitschrift f. rat. Medic. III Reihe, XXIX Bd., S. 262. 1867.
5) Ueber die Macul. lutea des Menschen, Leipzig, S. 3. 1870.

Hannover[1]) sah in mehreren Fällen einzelne Stäbchen nahe der Fovea, giebt jedoch weder an, in welchem Abstande vom Centrum derselben sie lagen, noch welchen Durchmesser er in diesen Fällen der Fovea zuschreibt. Er erwähnt auch, dass nach Hulke sich Stäbchen auf halben Wege zwischen dem Centrum der Fovea und dem äussern Rande der Macula finden können.

W. Krause[2]): „Es sind nur Zapfenzellen am gelben Flecke vorhanden."

Schwalbe[3]): „Die auffallendste und wichtigste Veränderung, welche Macula und Fovea gegenüber der übrigen Retina aufzuweisen haben, ist das ausschliessliche Vorkommen von Zapfen-Sehzellen".

Kühne fand bei dem zweiten von ihm auf Sehpurpur untersuchten Augenpaar[4]) in „den äusseren, noch gelben Regionen" des macularen Gebietes Stäbchen mit äusserst schwacher Purpurfärbung; vom dritten Augenpaare aber sagt er: „In der ganzen Ausbreitung des gelben Fleckes und sogar dessen Peripherie etwas überschreitend war nur eine Art dichtgedrängter Elemente zu sehen, nämlich, wie ich nicht zweifle, nur Zapfen." Dass er im Hinblick auf den ersterwähnten Fall die Frage aufwirft, ob nicht in der Macula im purpurlosen Bezirke auch echte und also purpurlose Stäbchen vorkommen können, ist für das Folgende ohne Belang, weil es sich hier nur darum handelt, in welchem Abstande vom Centrum die purpurhaltigen Stäbchen beginnen[6]).

Erwägt man, dass sich die Angaben für den horizontalen Durchmesser des stärker gefärbten Theiles der Macula zwischen 1 und 2 mm, für den Durchmesser der gesammten Macula zwischen 2 und 3 mm oder noch mehr bewegen, so ist ersichtlich, dass der Stäbchen- bezw. purpurfreie Bezirk nach den vorliegenden Beschreibungen ein viel grösserer ist, als der von König angenommene, und dass man hiernach, mässig gerechnet, einen centralen Bezirk von 1 mm Durchmesser als stäbchenfrei zu nehmen hat, welchem ein Gesichtswinkel von beiläufig 4° entsprechen würde. Da nun die Zapfen-Sehzellen nach König nicht im Stande sein sollen, die blaue Grundempfindung zu vermitteln, so müsste

1) La rétine de l'homme et des vertébrés. Kopenhagen, 1876. S. 192.

2) Allgem. Anatomie, S. 169. 1876.

3) Anatomie d. Sinnesorgane. Erlangen, S. 113. 1887.

4) Unters. aus d. physiol. Inst. in Heidelberg, I. S. 105.

5) Ebendas. S. 109.

6) Die Zusammenstellung obiger Citate aus den Werken der Specialforscher schien mir auch im Hinblick auf eine weiter unten zu erwähnende Abhandlung von v. Kries zweckmässig.

dieser ganze Bezirk blaublind sein. Selbst wenn in demselben regelmässig oder nur individueller Weise einige Stäbchen vorkommen, könnte hieran nichts Wesentliches geändert werden. Ueberdies müsste auch im übrigen Theile der Macula, soweit die Zahl der Stäbchen gegenüber den Zapfen noch nicht ins Gewicht fällt, eine sehr angenäherte Blaublindheit bestehen. Es würden daher alle Untersuchungen über Spectralfarben und spectrale Farbengleichungen, bei denen der Gesichtswinkel des central betrachteten Farbenfeldes nicht weit über 4° hinausging, mit einer ganz, bezw. fast ganz blaublinden Netzhautpartie beobachtet worden sein. Dies also ist die paradoxe Consequenz der König'schen Annahme, wenn man sie vom Standpunkte unseres heutigen Wissens vom Bau der Netzhaut erwägt.

Im Jahre 1889 erhielt unser Institut aus der optischen Werkstätte von Franz Schmidt und Hänsch in Berlin ein „Spectrophotometer", welches dem damals von König und seinen Mitarbeitern benützten Apparate gleich gebaut war. Es wurde angeschafft, um die Untersuchungen König's mit seinen eigenen Hülfsmitteln nachprüfen zu können, und unterschied sich von dem Spectrophotometer, wie es Helmholtz angegeben und König ursprünglich benützt hatte, nur durch jene Modificationen, welche nach der Mittheilung Tonn's[1]) in den Jahren 1887 und 1888 von König angebracht worden waren.

Dieser Apparat hat ein Farbenfeld von etwas weniger als 3,5° Gesichtswinkel[2]), daher das Netzhautbild (etwa 0,9 mm Durchmesser) den nach Angabe der Histologen stäbchenfreien Bezirk auch dann nicht überragt, wenn nicht genau centrisch fixirt wird. Wenn also dieser ganze Bezirk nur Zapfen enthält, welche nach König blaublind sind, so steht letzterer vor der Alternative, entweder zuzugeben, dass er und seine Mit-

1) Emil Tonn, Ueber die Gültigkeit von Newton's Farbenmischungsgesetz. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. VII, S. 281.

2) Dem entspricht auf einem 30 cm vom Knotenpunkte entfernten Gesichtsfelde eine Kreisfläche von kaum 1,8 cm Durchmesser, nicht „beiläufig 2,3 cm", welches irrthümlich für eine Entfernung von 40 cm berechnete Maass einmal von mir angegeben worden ist. (Ueber den Einfluss der Macul. lut. auf spectrale Farbengleichungen. Dies. Arch. Bd. 54, S. 312.)

arbeiter ihre bezüglichen Untersuchungen seit dem Jahre 1888 (welche er jetzt für richtiger erklärt hat als die anfänglichen) im Wesentlichen mit einem blaublinden Netzhautbezirke angestellt haben, oder dass seine Hypothese von der Blaublindheit der Zapfen von vornherein ausgeschlossen war. Es müsste ihm denn der Nachweis gelingen, dass die oben citirten Angaben der Histologen unrichtig sind.

Das anfänglich von König benützte Spectrophotometer, welches ich selbst gesehen habe, hatte ein etwas grösseres, nicht kreisförmiges Gesichtsfeld[1]. Schon bei centraler Betrachtung bildeten sich seine peripheren Theile auf Netzhautstellen ab, wo den Zapfen bereits einige Stäbchen beigemischt sein können.

In einer 1891 erschienenen Monographie „Ueber den Helligkeitswerth der Spectralfarben bei verschiedener absoluter Intensität" hat ferner König zahlreiche Helligkeitsgleichungen zwischen Spectralfarben mitgetheilt, welche ebenfalls in dem bereits modificirten Apparate mit kleinerem Farbenfelde[2] hergestellt wurden. Auch alle diese Gleichungen würden also mit einem stäbchenlosen und daher nach König's Hypothese blaublinden Netzhautbezirke beobachtet worden sein. Da nun nach seiner jetzigen Ansicht die Aenderung des (subjectiven) Helligkeitsverhältnisses zweier Farben bei gemeinsamer Aenderung ihrer (objectiven) Intensität, d. h. das sogenannte Purkinje'sche Phänomen, an die purpurhaltigen Stäbchen gebunden sein soll[3], so könnte dieses Phänomen auf dem nur Zapfen enthaltenden Netzhautbezirke gar nicht zur Beobachtung kommen.

Hiernach hätten König und seine Mitarbeiter die ganze Untersuchung des Purkinje'schen Phänomens im Wesentlichen unter Bedingungen durchgeführt, welche nach seiner eigenen Annahme die Entstehung desselben ausschliessen sollen.

Da König's Annahme, nach welcher nur ein 55—70 Winkelminuten entsprechender centraler Netzhautbezirk stäbchenfrei sein

1) Vergl. Helmholtz, Handb. d. physiol. Optik, II Aufl. Fig. 148.

2) Vergl. S. 19 jener Monographie.

3) Ueber den menschl. Sehpurpur etc. 6. These S. 596 [20].

dürfte, nicht auf eigenen mikroskopischen Untersuchungen beruht, so bleibt nur übrig anzunehmen, dass er die Angaben der Histologen missverstanden und das, was sie über den grösseren Theil der ganzen Macula aussagen, als nur für den kleinen Bezirk von 0,24—0,3 mm Durchmesser, d. h. für die Fovea im engeren Sinne, gültig betrachtet hat[1]). Es erwächst ihm aber nunmehr die Aufgabe, entweder nachzuweisen, dass die bisher vorliegenden Angaben der Histologen unrichtig sind und dass schon im Abstande von nur 0,12 bis 0,15 mm vom Centrum der Fovea purpurhaltige Stäbchen in schnell wachsender Zahl vorhanden sind, oder aber die hier angeführten unlösbar scheinenden Widersprüche irgend wie anders aufzuklären.

Das Einfachste wäre freilich, wenn König sich entschliessen möchte, das zu thun, was er von Anfang an hätte thun sollen, nämlich sich selbst davon zu überzeugen, dass ein nicht allzufeiner und zu lichtschwacher blauer Punkt einem normalen Auge auch dann blau erscheint, wenn es ihn richtig fixirt. Damit wäre die Blaublindheit der Zapfen-Sehzellen auch für ihn erledigt.

---

1) v. Kries (Ueber den Einfluss der Adaptation etc. Ber. d. naturf. Gesellsch. zu Freiburg, Bd. IX, Heft 2) hat sich der Annahme König's, dass das Purkinje'sche Phänomen an die Stäbchen gebunden sei, angeschlossen und führt zum Beweise an, dass es ihm bei directer Betrachtung „kleiner rother und blauer Punkte", die sich also innerhalb der Fovea abbildeten, nicht gelungen sei, das Phänomen wahrzunehmen. Er hat übersehen, dass das Purkinje'sche Phänomen innerhalb des nach Angabe der Histologen viel grösseren stäbchenfreien Bezirkes für jedes Auge schon ganz deutlich ist, wenn man ein diesem Bezirke entsprechend grosses Farbenfeld benutzt, und dass König selbst seine ganze Untersuchung des Phänomens mit diesem nur Zapfen enthaltenden Netzhauttheile angestellt hat. Kleine direkt betrachtete rothe und blaue Punkte eignen sich allerdings nicht zur Beobachtung des Phänomens.

Ueber das angebliche Hören labyrinthloser Tauben.

Von

J. Bernstein.

(Nach Versuchen, welche gemeinsam mit Herrn Dr. Fr. Matte angestellt sind.)

Die von R. Ewald aufgestellte Behauptung, dass labyrinthlose Tauben hören können, ist von uns bestritten und durch Versuche widerlegt worden[1]. Ewald[2]) wendet sich nun gegen unsere Arbeiten, indem er gegen die Methoden unserer Untersuchung und Beobachtung Einwände erhebt. Zunächst kann es Ewald gar nicht begreifen, wie man ohne Anwendung seines Taubenhalters und der Westien'schen Lupe das Labyrinth entfernen könne. Das ist aber meiner Meinung nach kein prinzipieller Einwand. Denn ob man sich bei feinen Operationen einer Lupe zu bedienen hat oder nicht, hängt ganz von dem Refraktionszustande des Auges ab. Herr Matte besitzt aber ein kurzsichtiges Auge mit so vorzüglicher Akkommodationskraft und Sehschärfe, dass er die Operation ohne Lupe viel schneller und bequemer ausführt, als mit einer solchen. Ich selbst muss mich, um alles gut zu erkennen, einer Lupenbrille bedienen. Auch einen Taubenhalter kann man gänzlich entbehren, wenn man das mit Aether und Chloroform narkotisirte Thier in ein Handtuch wickelt und den Kopf mit der linken Hand fixirt.

Im Gefühl seiner Meisterschaft vergleicht Ewald Hrn. Matte mit einem Urmacherlehrling, der behauptet, einen Anker für eine feine Taschenuhr ohne Lupe und ohne Feilkloben herstellen zu können. „Ein Meister hat nicht nöthig, sich das Produkt erst lange anzusehen." Eine so zunftmässige Auffassung wissenschaft-

---

1) Dies Arch. Bd. 57. S. 437 und 475.

2) Dies Arch. Bd. 59. Zur Physiologie des Labyrinths. 3. Mittheilung. Das Hören der labyrinthlosen Tauben.

licher Leistungen ist sicherlich nicht am Platze. Hr. Matte hat sich drei Jahre hindurch mit dem vorliegenden Gegenstande eingehend beschäftigt. Die in seiner Dissertation[1]) veröffentlichten Versuche waren bereits abgeschlossen, als das Buch Ewald's erschien. Herr Matte hat dann die von Ewald beschriebene Totalexstirpation des Labyrinthes ebenfalls ausgeführt und zwar, wie der Erfolg lehrte, ebenso vollständig wie Ewald. Es ist mir absolut unverständlich, wie Ewald zu der Behauptung kommt, dass wir unsere Beobachtungen an einem gänzlich unbrauchbaren Material angestellt hätten. Unsere Thiere zeigten im Allgemeinen ganz dieselben Erscheinungen, wie die von ihm operirten Thiere, nur mit dem Unterschiede, dass sie nicht hörten. Wäre ein Theil des Labyrinthes bei unseren Thieren zurückgeblieben, so würden sie wahrscheinlich noch einige Reste von Hörvermögen besessen haben. Das Nichthören kann doch nicht die Folge einer mangelhaften Herausnahme des Labyrinthes sein. Mit weit mehr Recht hätten wir vermuthen dürfen, dass Ewald bei seinen Operationen einen Theil des Labyrinthes stehen gelassen habe, da seine Thiere noch so vortrefflich hörten. Doch sind wir von einem solchen Verdachte weit entfernt.

Ueber die von Herrn Matte ausgeführten Serienschnitte, welche die Vollständigkeit der Exstirpation weit sicherer erwiesen, als alle mit der Lupe angestellten Beobachtungen bei der Operation, sowie über den Nachweis der aufsteigenden Degeneration des N. acusticus glaubt Ewald leichten Schrittes hinweggehen zu dürfen. Und doch ist Beides von der grössten Bedeutung. Kann Ewald mit der Lupe sehen, ob ein Restchen der Macula sacculi oder utriculi etwa stehen geblieben ist? Der Vergleich der Herausnahme des Labyrinths mit der Enucleation des Augapfels ist daher ebenso unstatthaft wie etwa der mit der Amputation eines Beines. Auch der Anblick der fünf Nervenstümpfe im Labyrinth würde Ewald nichts nützen, wenn ein Rest des peripheren Organes an ihnen hängen geblieben wäre.

Ebenso verkennt Ewald die Bedeutung der Degeneration des Nerven, welche Hr. Matte festgestellt hat, indem er sagt:

---

1) Ein Beitrag zur Funktion der Bogengänge des Labyrinths. Diss. inaug. Halle 1892.

2) Physiologische Untersuchungen über das Endorgan des N. octavus. 1892.

„Die Degenerationen, welche unter Umständen einen Theil des Octavusstammes verändern, sind doch noch nicht an demselben Abend nach der Operation vorhanden u. s. w.“ Erstens tritt die Degeneration unter allen Umständen ein und zweitens ergreift sie den grössten Theil des Octavusstammes und zwar den N. cochlearis vollständig. Unsere Angriffe richteten sich aber vornehmlich gegen die Beobachtungen von Wundt an einem auf der einen Seite vor 12, auf der andern vor 6 Wochen operirten Thiere, an welchem die Degeneration zweifellos vollständig eingetreten sein musste[1]). Ewald sucht sich diesem Einwande zu entziehen, indem er angiebt, dass er seine Hör-Versuche auch an eben operirten Thieren, an demselben Abend nach der Operation gemacht habe. Bisher waren von Ewald Angaben über den Zeitpunkt der Hörprüfungen nach der Operation nicht gemacht worden. Was diesen Punkt anbetrifft, so bemerke ich zunächst, dass bei Ewald jede Operation auf einer Seite 6 Stunden dauert, auf beiden an einem Tage also 12 Stunden. Wie sich nun so operirte Thiere unmittelbar oder wenige Tage nach der Operation im Allgemeinen verhalten, darüber erfahren wir aus dem Buche Ewald's nur wenig. Vielmehr werden an den Thieren erst nach Verlauf von einigen Monaten Beobachtungen über ihre Bewegungsstörungen angestellt[2]). Ewald bespricht zwar auch „das Verhalten der doppelseitig operirten Thiere kurze Zeit nach der Operation[3]), aber es wird über die Länge dieser Zeit nichts angegeben. Dagegen erfahren wir, dass die Störungen in ungleich stärkerem Grade auftreten als in einer späteren Zeit, und dass sie sogar häufig einen turbulenten Charakter annehmen. Dieselben Erscheinungen haben wir auch an unseren Thieren wahrgenommen. Dieselben müssen in den ersten Tagen sehr sorgfältig gehütet werden, damit sie bei den turbulenten Bewegungsstörungen keinen Schaden leiden. Bei solchen Thieren aber nach der von Ewald oder gar nach der von Wundt beschriebenen Methode zuverlässige Hörprüfungen anzustellen, erscheint schon von vornherein als eine sehr missliche Sache. Es war daher zu vermuthen, dass die

1) Es ist Schade, dass die Ergebnisse der von Held vorgenommenen mikroskopischen Untersuchung bisher nicht veröffentlicht sind.

2) S. l. c. p. 2 unter A.

3) l. c. p. 22.

von Ewald in seinem Buche[1]) angeführten Hörversuche längere Zeit nach der Operation angestellt waren.

Wir kommen nun zur Kritik der Methode der Hörprüfungen. Die gänzlich unbrauchbare Methode von Wundt, welcher Kopf- und Augenbewegungen als Zeichen der Gehörswahrnehmung verwendete, scheint Ewald nicht vertheidigen zu wollen. Weit besser ist die von ihm selbst benutzte Methode, nach welcher die Prüfung am Abend oder in der Nacht vorgenommen wird, wenn die Thiere im Begriff sind einzuschlafen. Doch ist einerseits diese Methode umständlich und zeitraubend, da man immer erst den Moment des Einschlafens abwarten muss, andererseits auch nicht zuverlässig genug, weil man die Beobachtung nicht oft genug wiederholen kann. Schon ein Wechsel der Beleuchtung kann zu Täuschungen Veranlassung geben. Denn damit die Thiere einschlafen, muss es möglichst dunkel sein, während sie zum Zwecke der Beobachtung genügend beleuchtet sein müssen. Ueber die Art der Beleuchtung in dem Beobachtungsraum aber sagt Ewald nichts.

Das Wichtigste jedoch ist bei diesen Versuchen die Art der Schallerzeugung. Ewald befestigt einen langen Gummischlauch nicht weit (10 cm) vom Kopf der Taube, nimmt das andere Ende des Schlauches in den Mund und erzeugt inspiratorisch einen Ton, um die Wirkung des Luftstromes auszuschliessen. Indessen ist es einleuchtend, dass bei der inspiratorischen Tonerzeugung der Luftstrom ebenso wenig ausgeschlossen ist wie bei der exspiratorischen. In beiden Fällen wird die Geschwindigkeit der Luftströmung bei gleicher Schallstärke am Ende des Rohres annähernd dieselbe sein und in der Umgebung des Rohres wird auch die translatorische Bewegung der schwingenden Lufttheilchen eine annähernd gleiche und entgegengesetzte sein müssen. Worin die Reaktionen der Thiere bei diesen Versuchen bestanden, hat Ewald in seinem Buche nicht beschrieben; in einer anderen Publikation[2]) giebt er an, dass das eingeschlafene Thier den Kopf hebt, die Augen öffnet und eventuell einige Schritte macht. Ausser der Methode mit dem Gummischlauch werden auch andere Arten der Schallerzeugung

1) l. c. p. 24. C.

2) Berliner klinische Wochenschrift. 1890. S. 731. — Diese Mittheilung haben wir bei Abfassung unserer vorigen Arbeit nicht gekannt.

angewendet. Eine 7 Meter vom Thiere entfernte Person erzeugt den Schall durch Rufen mit abgewendetem Kopfe. Auch auf Anschlagen der Töne eines nichtgeöffneten Pianinos reagirt eine darüber in einem Käfig befindliche Taube, der an einem Faden an der Decke aufgehängt ist. In dem letzten Aufsatze (d. Arch. s. o.) wird schliesslich angegeben, dass ein tiefes langgedehntes „Uh" besonders wirksam sei.

Es wird in dem Nachfolgenden gezeigt werden, dass trotz aller dieser Vorsichtsmassregeln die Möglichkeit von Täuschungen nicht ausgeschlossen ist, und dass die labyrinthlosen Thiere den Schall durch den N. acusticus nicht mehr wahrnehmen. Bekanntlich können Schallschwingungen auch durch die Tastnerven der Haut empfunden werden. Wir fühlen die Schwingungen eines festen tönenden Körpers beim Auflegen der Hand, die Schwingungen einer gestrichenen Saite beim Aufsetzen der Fingerspitze auf den Steg sehr deutlich. Es ist daher nicht unmöglich, dass auch die Schallschwingungen der Luft auf der Haut eine Sensation hervorrufen. Dies wird aber besonders dann der Fall sein können, wenn die Haut mit so leicht mitschwingenden Organen versehen ist, wie es die Federn der Vögel sind. Um diesem Einwande zu entgehen, dass die Thiere die Schallschwingungen auf der Haut gefühlt hätten, hat Ewald, wie er angiebt, die Federn durch sorgfältiges Scheeren entfernt. Doch wie will man durch Scheeren alle kleinen Federn entfernen können? Dies dürfte selbst beim Rupfen kaum möglich sein. Vor Allem kann bei den Versuchen in welchen ein vibrirender Luftstrom, sei es ein in- oder exspiratorischer, als Schall dient, eine ergiebige Quelle von Täuschungen entstehen. Nicht der Luftstrom an sich, sondern die in ihm enthaltenen, durch die translatorische Bewegung in der einen Richtung verstärkten Schallstösse sind es, welche durch Mitschwingung der Federn eine Sensation hervorrufen könnten, selbst dann, wenn die Schallquelle sich in grösserer Entfernung vom Thier befindet. Weit geringer erscheint diese Gefahr bei anderen Arten der Tonerzeugung, bei denen kein vibrirender Luftstrom vorhanden ist; doch gänzlich ausgeschlossen ist sie auch hier nicht. Augenscheinlich hat aber Ewald in seinen Versuchen die erstere Art der Tonerzeugung bevorzugt.

Es geht aus diesen Ueberlegungen hervor, dass die in der bisherigen Form angestellten Hörprüfungen mit periodischen Schall-

schwingungen, Tönen und Klängen irgend welcher Art, insbesondere solchen von Blasinstrumenten oder der Stimme, nicht absolut einwandfrei sind, weil dabei Mitschwingungen auf der Haut stattfinden können, die empfunden werden. Weit besser eignen sich dagegen Geräusche aller Art, da sie als unperiodische Bewegungen keine Mitschwingungen erzeugen können. Den besten Dienst leistet demnach der Knall wegen seiner Stärke und kurzen Dauer. Deshalb haben wir uns in unseren früheren Versuchen ausschliesslich des Knalles zur Hörprüfung bedient. Es ist selbstverständlich, dass man auch alle möglichen Vorsichtsmaassregeln anwenden muss, damit das Thier nicht von Theilchen der explodirenden Zündmasse oder einem direkten Luftstoss getroffen werde. Der Knall wurde immer mit einer kleinen, als Kinderspielzeug bekannten Knallpistole, auf welcher nur Knallpapiere explodiren, erzeugt[1]). Herr Matte hat angegeben[2]), dass die auf den Tisch gelegte Taube mit einem Tuche bedeckt wurde, wodurch sie gegen direkte Einwirkungen genügend geschützt war. In anderen Fällen haben wir einen festen Schirm zwischen Pistole und Thier aufgestellt. Unter diesen Umständen reagiren normale Tauben meistentheils, die labyrinthlosen Thiere aber niemals auf den Pistolenknall[3]).

Es ist mir gänzlich unverständlich, wie Ewald einen Einwand gegen unsere Versuche daraus herleiten will, dass wir uns bisher ausschliesslich der Schussreaktion bedient haben. Da unsere labyrinthlosen Tauben auf den Knall nicht reagirten, so ist diese Beobachtung a fortiori beweisend. Normale Thiere reagiren aber in den meisten Fällen, und zwar unter Anwendung der genannten Vorsichtsmaassregeln, es sei denn, dass man den Versuch zu oft hinter einander wiederholt[4]).

---

1) Von einem Luftstrom ist also keine Rede.

2) l. c. S. 460.

3) Stellt man den Versuch in der Dunkelheit an, so muss durch den Schirm noch verhütet werden, dass der Feuerschein in die Augen fällt.

4) Ewald behauptet, dass Vögel sich durch Knall häufig gar nicht aus ihrer Ruhe stören lassen. Jäger haben mir indess bestätigt, dass die meisten Vögel auf Knall davonfliegen. Ich selbst habe dies mehrmals an Krähen beobachtet. Dieselben sassen im Garten auf Bäumen und flogen auf den schwachen Knall der gen. Kinderpistole sofort auf. Ausnahmen mögen ja vorkommen.

Es ergiebt sich also, dass die Hörprüfung durch Knall unter den angegebenen Bedingungen die beste und einwandfreieste Methode ist.

Es kam nun bei der weiteren Untersuchung darauf an, bei der Hörprüfung der Thiere mit Tönen und Klängen eine einwandfreie Methode zu finden, bei welcher eine Zuleitung der Schallwellen zur Körperoberfläche möglichst beschränkt war, und bei der normale Thiere constant und unzweideutig reagirten. Zu einer solchen Methode gelangten wir auf folgendem Wege: Eine Taube, deren Flügel gebunden sind, wird in einer Schwebe an einem von der Decke des Zimmers herabreichenden Bindfaden aufgehängt. Die Schwebe besteht aus einem 4eckigen Tuch, welches in der Mitte zwei passende Löcher für die Beine besitzt, welche durchgezogen werden. Das Tuch wird um Brust und Rücken so herumgeschlungen, dass Hals und Schwanz frei bleiben und an dem Ende des Bindfadens befestigt. Ist der Schwerpunkt des Thieres in geschickter Weise unterstützt, so hängt das Thier bequem und ruhig in der Schwebe [1]). Zur völligen Beruhigung wird dem Thiere eine Kopfkappe bis über die Augen aufgesetzt. Die meisten Thiere hängen sehr lange Zeit vollkommen ruhig und gerathen in eine Art comatösen Zustand, aus welchem sie schon durch geringe Reize erweckt werden [2]). Die Reaktion besteht dann in einem Anziehen der Beine, Spreizen der Zehen und Heben des Kopfes in mehr oder weniger ausgesprochenem Maasse. Diese Reaktionen treten bei Berührungen und sehr häufig auch beim Anblasen verschiedener Körperstellen namentlich der Beine und des Kopfes ein. In diesem Zustande sind die Thiere auch für Schallreize gut empfänglich. Sie reagiren meist deutlich auf den Knall der Pistole, auch wenn man zwischen dieser und dem Thier einen 60 cm im Quadrat grossen Blechschirm anbringt. Die labyrinthlose Taube reagirt dagegen unter dieser Bedingung niemals.

Wenn man nun das Verhalten der normalen Thiere gegen Töne und Klänge verschiedener Art prüft, so erhält man keine

1) Diese Art Schwebe wird im hiesigen Institut schon seit vielen Jahren auch für Hunde verwendet. Die Thiere hängen in einem Sack, aus welchem die Beine durch vier Löcher heraussehen, lange Zeit ohne Beschwerden, da sich der Sack der Körperform überall gut anschmiegt.

2) Thiere, welche unmittelbar aus dem Freien kommen, sind oft nicht geeignet, da sie zu aufgeregt und aufmerksam sind.

Reaktionen, wenn dieselben in einem grossen Raume in grösserer Entfernung von über 1—2 Meter erzeugt werden. In unmittelbarer Nähe dagegen rufen Töne von offenen Lippenpfeifen und Zungenpfeifen meist starke Reaktionen sowohl an den Beinen wie am Kopfe hervor. Besonders wirksam zeigte sich bei vielen Thieren eine offene Lippenpfeife von der Tonhöhe *d''*. Stellt man nun den Schirm zwischen Thier und Pfeife auf, so beobachtet man bei normalen Thieren auch eine deutliche, aber meist schwächere Reaktion als ohne Schirm.

In dem ersteren Falle ohne Anwendung des Schirmes konnte die eintretende Reaktion zum grösseren Theile durch eine Hautempfindung ausgelöst sein, in dem zweiten Falle unter Anbringung des Schirmes war eine Reaktion durch blosse Gehörserregung zwar wahrscheinlich gemacht, aber eine Mitwirkung durch Hautempfindungen keineswegs gänzlich ausgeschlossen. Nun wurde dem Thiere in einen Gehörgang ein Hör-Rohr (Ohrenspeculum) eingesetzt, welches mit einem weiten, langen Schlauch[1]) verbunden war, an dessen Ende sich ein Trichter befand. Wurde in den Trichter ein Ton hineingeblasen, so trat eine entschiedene Reaktion des Thieres, und zwar ein Schütteln des Kopfes ein, während die Extremitäten meist ruhig blieben. Pfeifen von jeder Höhe, auch eine Zungenpfeife und der Knall der Pistole hatten deutliche Wirkung. Hier hatten wir es also mit einer Reaction zu thun, welche unstreitig nur durch Zuleitung des Schalles zum Gehörorgan ausgelöst wurde. Eine Wirkung durch die Körperoberfläche war ziemlich ausgeschlossen, da die in 1—2 Meter Entfernung nicht vor dem Trichter erzeugten Töne gar keine Wirkung hatten[2]).

Nun wurde geprüft, wie sich die labyrinthlose Taube unter diesen Bedingungen gegen Töne und Klänge verhielt. Bläst man ohne Anwendung des Schirmes in unmittelbarer Nähe des Thieres 10—20 cm entfernt die Lippenpfeife *d''* an, so erhält man dieselben und ebenso starke Reaktionen, wie bei einem normalen Thiere. Bringt man aber den Schirm an, so entsteht beim labyrinthlosen Thiere niemals eine Reaktion. Führt man endlich dem Thiere das Rohr in den Gehörgang und bläst, wie vorhin ange-

1) Die Länge des Schlauches war gewöhnlich 1—2 m.

2) Diese Entfernung muss in jedem Falle ausprobirt werden.

geben, die Töne und Klänge in den Trichter, so **bleibt das Thier vollkommen reaktionslos**.

Hierbei muss bemerkt werden, dass bei mehreren labyrinthlosen Thieren die Trommelfelle und Columellen erhalten waren, die Zuleitung des Schalles also eine normale war[1]; die Reaktion wird beim normalen Thiere daher auch nicht durch eine Sensation vom Trommelfell aus vermittelt. Obgleich also die Schallzuleitung zum Stumpf des N. acusticus in diesem Falle die günstigste war, die stattfinden konnte, so erwies sich das labyrinthlose Thier doch als gänzlich taub.

Hieraus geht nun mit Bestimmtheit hervor, dass die Reaktion, welche das labyrinthlose Thier auf Anblasen der Lippenpfeife *d''* in unmittelbarer Nähe zeigt, nicht durch den noch restirenden Theil des Gehörorganes und den N. acusticus zu Stande kommt, sondern dass hierbei eine Wahrnehmung durch die Haut, wahrscheinlich durch Mitschwingung von Federn an irgend welchen empfindlichen Körperstellen stattfindet. Dafür spricht nebenbei auch der Umstand, dass nur Töne gewisser Höhe die Reaktion deutlich und lebhaft hervorrufen, und dass offene Pfeifen besonders hierzu geeignet sind, weil sie einen vibrirenden Luftstrom geben.

Im Uebrigen soll noch hervorgehoben werden, dass die Einsenkung des Hörrohrs in den Gehörgang die labyrinthlosen Thiere nicht hindert, auf den Ton der in der Nähe angeblasenen Lippenpfeife *d''* lebhaft zu reagiren.

Ich gestehe gern zu, dass diese höchst auffallende Erscheinung auf den ersten Blick leicht zu der Annahme verleiten kann, dass es sich um ein wirkliches Hören handle. Dass dem aber nicht so ist, beweist neben Obigem noch folgender Controllversuch.

Bei einer Taube wurde auf beiden Seiten nach Ausschneidung der beiden Trommelfelle flüssiger Gypsbrei in die Trommelhöhlen eingegossen, so dass diese und die Gehörgänge, wie die Section ergab, mit einem grossen Gypspfropf ausgefüllt waren. Das Thier ertrug diese Behandlung ohne jeden Schaden und irgend welche Störungen. Prüfte man nun seinen Gehörsinn, indem man es in die Schwebe brachte und den Gehörgang mit dem Hörschlauch verband, so hatten weder Töne der Pfeifen noch der Knall die geringste Wirkung, obgleich das Thier vorher lebhaft darauf reagirt

1) Die Herausnahme des Labyrinths kann unter Schonung der Fenestra ovalis vorgenommen werden.

hatte. Die Luftleitung zum Labyrinth war also wesentlich geschwächt. Trotzdem trat die gewöhnliche Reaktion prompt ein, wenn die Lippenpfeife *d*" in der Nähe des Thieres ertönte. Diese Reaktion kann also nur durch Mitschwingungen auf der Körperoberfläche bedingt sein[1]).

Nachdem nun so die Existenz von Mitschwingungen auf der Körperoberfläche unzweifelhaft nachgewiesen ist, welche im Stande sind lebhafte Reaktionen zu verursachen, müssen alle Behauptungen, dass labyrinthlose Thiere gewisse Töne oder Klänge gehört hätten, mit dem grössten Misstrauen aufgenommen werden. Denn nicht darum handelt es sich, ob sie den Schall überhaupt, sondern ob sie ihn mit dem Stumpf des N. acusticus empfinden.

Wir haben es nicht unterlassen, die Beobachtungen an labyrinthlosen Thieren auch nach der Methode von Ewald anzustellen. Die Thiere befanden sich in einem kleinen an der Decke aufgehängten Bauer auf einer Lage Watte und wurden Abends beim Einschlafen beobachtet. Es gelang uns auch ebenso gut die Beobachtungen am Tage in einem verdunkelten Raume vorzunehmen[2]). Bei keiner Art von Geräusch oder Ton trat die geringste merkliche Bewegung der Thiere ein, wenn die oben angegebenen Vorsichtsmaassregeln beobachtet wurden. Auch ein lautes „Uh" vermochte die Thiere nicht zu erwecken.

Ich kann es mir vorläufig nicht erklären, woher der Widerspruch zwischen unseren Beobachtungen und denen Ewald's kommt. Vielleicht liegt es an der Akustik des Raumes, in welchem dieselben angestellt sind; denn ich halte es nicht für ausgeschlossen, dass ein Ton in einem darauf stark räsonirenden Raum auch in grösserer Entfernung auf das labyrinthlose Thier wirken könne. Wir glauben aber durch das Vorhergehende bewiesen zu haben, dass wenn bei labyrinthlosen Thieren irgend welche Schallreaktionen auftreten, diese nicht durch den Stumpf des Hörnerven, sondern durch sensible Organe der Haut vermittelt werden.

---

1) Damit stimmt auch die Angabe Ewald's, dass es ihm auf keine Weise gelingen will, die Thiere gänzlich taub zu machen.

2) Normale Tauben schlafen am Tage im dunklen Raume nicht ein, wahrscheinlich weil sie durch ihr Gehör beständig wach erhalten werden.



(Aus dem physiologischen Institut zu Jena.)

Ueber den Farbenwechsel des Chamaeleons und einiger anderer Reptilien.

Von

Robert Keller.

Hierzu Tafel IV und 4 Textfiguren.

Die Frage nach den Ursachen und Bedingungen des Farbenspiels beim Chamaeleon hat bis zu der berühmt gewordenen Brückeschen Monographie[1]) vom Jahre 1852 im Mittelpunkte des wissenschaftlichen Interesses gestanden. Durch dieselbe hat sie einen vorläufigen Abschluss gefunden und ist zu einem Nebenpunkte der Tagesordnung geworden. Wie die umfangreiche Literaturzusammenstellung bei Brücke, ergänzt durch die von Seydlitz[2]) gegebene, zeigt, haben sich von 1810 bis 1852 nicht weniger als 20 Forscher mit der in Rede stehenden Frage beschäftigt — seitdem, in einem gleichgrossen, aber sonst ungleich regeren Zeitraume, sind nur 4 Veröffentlichungen über dieselbe erschienen, nämlich von Studiati, Pouchet, Bert und Krukenberg. Die des Erstgenannten[3]) repräsentirt zweifellos einen Rückschritt; er kennt weder Brücke's Untersuchungen noch die älteren von Milne-Edwards und meint, für den Farbenwechsel sei noch keine richtige Erklärung gegeben. Er selbst findet in der Tiefe der Haut verästelte Schläuche (otriculi), gefüllt mit röthlich-schwarzem Pigment, für das er vergeblich nach einem Drüsenapparat sucht, einen solchen aber in

1) E. Brücke, Untersuchungen über d. Farbenwechsel des afrik. Chamaeleons. Denkschr. d. k. Acad. Wien 1852, neu herausgeg. von Frey in Ostwalds „Klassikern".

2) Seydlitz, Beiträge zur Descendenztheorie 1876.

3) Studiati, Miscell. di osservazioni etc. Mem. della R. Ac. Torino Ser. II. F. XV. 1855.

den Wandungen der Schläuche annehmen zu dürfen glaubt. Ihr Pigment sei wahrscheinlich freier oder mit organischen Substanzen verbundener Kohlenstoff. Ausser diesem liege in der Haut ein unbewegliches, graues Pigment. Die Veränderung der Farbe kommt nun nach Studiati dadurch zu Stande, dass das dunkle Pigment durch Zusammenziehung des Hautgewebes in die Ausläufer der Schläuche gepresst werde — von denen er übrigens unentschieden lässt, ob sie offen nach aussen mündeten oder blind endigten.

Auf Pouchet's[1]) Resultate, die wesentlich histologischer Natur sind, werde ich in dem Theile meiner Arbeit noch mehrfach zurückzukommen haben, der die anatomische Grundlage des Farbenwechsels behandelt.

Bert's[2]) Mittheilung dagegen umfasst lediglich physiologische, hauptsächlich Durchschneidungs- und elektrische Reizversuche nebst Schlussfolgerungen aus ihnen. Leider liegt nur ein kurzer Auszug der Versuchsresultate, ohne irgend eine Angabe ihrer Anordnung vor.

Krukenberg[3]) endlich hat es verstanden, durch seine „Combinationsvergiftungen" sowie durch Negiren der festen von Brücke gewonnenen Resultate die Sache zu verwirren und späteren Untersuchern den Boden schwankend zu machen.

Eine weit reichere Bearbeitung haben die nachbarlichen Gebiete gefunden, die entsprechenden Fragen bei den Fischen und namentlich den Amphibien. Nachdem hier durch Biedermann[4]) eine Sichtung und bedeutende Erweiterung des Materials geschaffen worden, die zu theilweise neuen Gesichtspunkten geführt hatte, lag es nahe, wieder einmal auf die viel auffallenderen Erscheinungen beim Chamaeleon zurückzukommen und zu sehen, ob sich hier vielleicht Vergleichsmomente finden liessen. Daher die Anregung des Herrn Prof. Biedermann zu dem Vorliegenden, der

---

1) G. Pouchet, Des changements de coloration. Mém. couronné 1874. Journ. de l'anatom. et Physiol. T. XII. 1876.

2) P. Bert, Sur le mécanisme et les causes des changem. des couleurs chez le Cham. Comptes rendus 81. Nr. 21. 1876. p. 938–940.

3) Krukenberg, Ueber d. Mechanik des Farbenwechsels bei Chamaeleo vulg. Cuv. in: Vergl. physiol. Studien III. 1880.

4) W. Biedermann, Ueber den Farbenwechsel der Frösche. Pflüger's Arch. 51. 1892. p. 455—508.

ich nur zu gern gefolgt bin. Fünf Exemplare des afrik. Chamaeleons waren dabei zu meiner Verfügung; sie liessen sich, im Juni vorigen Jahres angelangt, bis in den August hinein lebend erhalten. — Es kann im Folgenden nicht anders sein, als dass die Brücke'sche Monographie die Grundlage aller Erörterungen bildet.

An den Vorbemerkungen Brücke's[1]) über die möglichen Farbenübergänge und die durch ihre Vertheilung entstehende Zeichnung kann ich nur, die Hauptsachen bestätigend, die feine Beobachtung bewundern, und ich will zur Orientirung das Wichtigste davon recapituliren.

Die Farben, welche er an den Chamaeleonen beobachtete, waren folgende:

1. „Alle Uebergänge von Orange durch Gelb, Grün bis zum Blaugrün.

2. Die Uebergänge von jeder dieser Farben durch Braun oder Graubraun in Schwarz.

3. Weiss, blasse Fleischfarbe, Rostbraun, Lilagrau, Blaugrau, neutrales Grau.

4. Mehrere Schillerfarben zwischen Stahlblau und Purpur.

Die unter No. 4 genannten Farben wurden jedoch nur bei Sonnenbeleuchtung, wenn das Thier zugleich sehr dunkel war, gesehen." Für die übrigen Farben stellt er folgende den Farbenwechsel beschränkende Regeln auf:

1. „Wenn eine Stelle einmal gelb erscheint, so kann sie nur verschiedenartig grün, mehr oder weniger schmutzig braun, schmutzig grau und schwarz werden.

2. Wenn eine Stelle die blasse Fleischfarbe zeigt, so kann sie nur die verschiedenen Tinten zwischen Rostbraun und Graubraun annehmen und durch die dunkleren Schattirungen derselben in Schwarz übergehen.

3. Wenn eine Stelle weiss erscheint, so kann sie nur in neutrales Grau, Blaugrau, Violetgrau und endlich von diesen Tinten aus oder durch Braun in Schwarz übergehen."

Diese Beschränkungen gelten nach meinen Wahrnehmungen nicht in dieser vollen Schärfe. Im Verlauf längerer Beobachtung kann beispielsweise ein Thier, das einmal auf graubraunem Grunde fleischfarbige oder blaugraue Flecken zeigt, ein andermal

1) Brücke l. c. p. 17f.

unter gewissen Bedingungen ganz und gar gelblich oder grün erscheinen. Eine gewisse coloristische Individualität dagegen besteht zwischen den verschiedenen Exemplaren — ein orangegelbes wird nicht neutralgrau werden — sie besteht aber auch zwischen den verschiedenen Hautstellen eines Exemplars für die Dauer eines kürzeren Versuches.

Was die Zeichnung anlangt, so belegt Brücke ihre einzelnen Elemente mit treffenden Namen.

1. „Den Bauchstreif nenne ich einen unveränderlich weissen, nur schmalen Sreif, der sich vom Kinn bis zum After erstreckt.

2. Die Lateralflecken nenne ich zwei Reihen länglicher Flecken, welche sich zu beiden Seiten des Rumpfes in Form zweier unterbrochener Flankenstreifen hinziehen.

3. Die Kopfstreifen nenne ich ein System von Streifen, welche auf beiden Seiten des Kopfes gegen die Augenlidspalte radienförmig convergiren.

4. Die Stippchen nenne ich die kleinen Flecken von 2 bis 4 mm Durchmesser, welche über den ganzen Körper zerstreut sind.

5. Die Binden nenne ich die gezackten Flecken, welche zu beiden Seiten in ziemlich regelmässigen Abständen gegen den Rücken aufsteigen und sich in analoger Weise auf dem Schwanze und den Extremitäten fortsetzen.

Diese Elemente trennen sich vom Grunde sowohl durch ihren Farbenton als durch grössere Helligkeit und Dunkelheit ab, und die Veränderung der Zeichnung besteht wesentlich darin, dass einzelne derselben minder auffallend und deutlich werden, ja sie können sogar fast ganz verschwinden."

Nach dieser Vorausschickung gedenke ich das folgende Material so zu gruppiren, dass ich zuerst die physiologischen Bedingungen des Farbenwechsels, sodann seine anatomische Grundlage behandle und erst an dritter Stelle zusehe, wie weit sich aus dem Gewonnenen Schlüsse auf die Mechanik des Farbenwechsels ziehen lassen. Ein Anhang mag dann noch histologische Notizen über die Vertheilung der Farbkörper bei einigen anderen Reptilien bringen.

I. Physiologische Thatsachen.

Unter den allgemeinen physiologischen Resultaten der Brücke'schen Arbeit ist zunächst das von besonderer Wichtigkeit, dass die Farbe der Chamaeleonen von der ihrer Umgebung unabhängig ist. Die Ansicht von ihrer Anpassung an den „Hintergrund" hatte sich vom Alterthume her trotz mehrfacher gegentheiliger Beobachtungen, aufrecht erhalten und ist auch in unserer Zeit noch nicht überwunden. Das ist erklärlich genug. Denn besonders seit man durch Darwin gelernt hatte, die Einrichtungen der Organismen aus ihrem Nutzen für dieselben heraus zu begreifen, musste man die Farbenanpassung für sehr wahrscheinlich halten, der ja die Zweckdienlichkeit für ein so bewegungsträges, von Nachstellern bedrohtes, und auf sehende Beute angewiesenes Geschöpf gleichsam auf der Stirne geschrieben steht — um so mehr, als sie sich ungezwungen in eine Reihe von Analogieen einfügen lässt. Als Repräsentanten für diese Anschauungsweise führe ich keinen geringeren als A. R. Wallace an, der, über die Veränderlichkeit der Schutzfärbung sich verbreitend, sagt[1]): „In dem einen Falle wird die Veränderung durch Reflexthätigkeit des Thieres hervorgebracht, welches die nachzuahmende Farbe sieht, und der Wechsel kann bei Veränderungen in der Lage und den Verhältnissen des Thieres abermals abändern und öfter wiederholt werden . . . Das beste Beispiel erster Art ist das des Chamaeleons, welches weiss, braun, gelblich oder grün werden kann, je nach der Farbe des Gegenstandes, auf welchem es sitzt." Interessant ist, dass Wallace die Veränderung „mittels zweier Lager von Pigmentzellen" hervorgebracht werden lässt, „welche tief in der Haut liegen und bläulich oder gelblich sind. Durch bestimmte Muskeln können diese Zellen hinaufgepresst werden, so dass sie die Farbe der Haut ändern, welche ohne diesen Vorgang schmutzig weiss ist." So wenig sind die Ergebnisse der Physiologie Gemeingut der Naturkundigen geworden.

Gegen die Beweiskraft der Laboratiumsversuche mit verschiedenfarbigem Licht, das keine Spur einer entsprechenden Umstimmung der Farbe hervorbrachte, liess sich noch die Einrede machen, dass die Farbenanspannung nur unter natürlichen, der Lebensweise

---

1) Wallace, Darwinism. (1890), übers. v. Braun 1892.

der Thiere angemessenen Verhältnissen vor sich gehe. Man hatte schon die ältere phantastischere Ansicht fallen lassen, nach der das Chamaeleon jede beliebige Farbe annehmen sollte, man hatte diese Fähigkeit auf die Farben ihrer natürlichen Umgebung beschränkt. Fand man doch dafür in oberflächlicher Beobachtung eine Stütze. Sie zeigte die Thiere oft genug beispielsweise im Laube der Bäume grün gekleidet, auf dem Erdboden braun und weisslich gefleckt — worauf ich noch zurückkommen werde. Ja, als ich drei meiner Versuchsthiere, um sie in ihnen möglichst zusagende Bedingungen zu bringen, in einem Warmhause des hiesigen botanischen Gartens aussetzte — die Erlaubniss dazu hatte Herr Prof. Stahl in dankenswerther Bereitwilligkeit ertheilt —, konnte man zuerst eine ähnliche Anschauung gewinnen. Denn wir haben in dem kleinen Raume oft stundenlang nach unsern Gefangenen gesucht, manchmal ganz ohne Erfolg, manchmal fand sich dann auch wohl der eine oder andere ganz unversteckt auf einem grösseren Blatte oder Zweige sitzend. Und doch ist dieser Wahrnehmungsschutz nicht durch directe Anpassung gewonnen, vielmehr sind es andere Agentien, welche hier wirksam sind, als die umgebenden Farben.

Unter diesen anderen Agentien steht nach Brücke's Versuchen obenan das Licht. Krukenberg zieht die hervorragende Rolle desselben in Zweifel und nennt seinen Einfluss einen sehr geringen[1]). Wenn ein Beobachter, der nach seiner eigenen Angabe an 40—50 Chamaeleonen experimentirt hat, zu einer solchen Ansicht gekommen ist, so kann man wohl einigermaassen stutzig werden. Es galt darum zunächst, die Brücke'schen Resultate nachzuprüfen. Schon die Betrachtung der Thiere bei diffusem Lichte lehrt, wie unbegründet Krukenberg's Aussage ist, die Beobachtung im Sonnenlicht thut es vollends. Unter normalen Verhältnissen hat das Licht immer eine dunkelnde Wirkung auf ihre Haut. Man erkennt das unbezweifelbar durch den Vergleich der belichteten mit der beschatteten Seite, denn so ist man von individuellen Verschiedenheiten relativ unabhängig; dabei treten geringe Helligkeitsunterschiede noch in der Wirkung hervor. An einem trüben Tage ist die Fensterseite des Körpers deutlich dunkler als die Stubenseite, wie immer die momentane Farben-

1) Krukenberg l. c. p. 26.

nüance und Zeichnung auch sein mögen, und dies Verhältniss kehrt sich in einer halben Minute um, wenn man die Seiten vertauscht. Im Allgemeinen nimmt die Wirkung mit der Stärke der Beleuchtung zu und kann sich im grellen Sonnenschein auf den demselben zugewandten Körperstellen bis zum tiefen Schwarz steigern und damit jede Andeutung von Flecken- und Bindenzeichnung zum Verschwinden bringen — eine immerhin nicht gewöhnliche Erscheinung. Meist tritt nur ein Grauschwarz oder Graubraun von wechselnder Tiefe auf, von dem sich heller graue oder bräunliche, nicht selten sogar fast weisse Flecken deutlich genug abheben, den „Lateralflecken“ entsprechend. Selbstredend sind im allgemeinen auch die anderen Körperstellen, da sie von reflectirtem Lichte getroffen werden, in hellen Räumen dunkler wie unter sonst gleichen Verhältnissen in minder belichteten. Es ist aber, entgegen Krukenberg's[1]) Logik, zur Annahme eines integrirenden Einflusses des Lichtes nicht nothwendig, dass alle Individuen bei derselben Beleuchtung jederzeit denselben Grad von Dunkelung zeigen, vielmehr kommt es auf den Unterschied zwischen den verschieden beschienenen Stellen an. Also kann es sehr wohl passiren, dass einzelne Thiere, wie Brücke anführt, gelegentlich einmal, z. B. wenn sie lebhaft erregt sind, im hellen Sonnenlichte verhältnissmässig hellfarbig aussehen — nur ist auch dann jener Unterschied deutlich.

Dass es sich bei diesen Versuchen um Licht- und nicht um Wärmewirkung handelt, ist von Brücke[2]) wohl eindeutig experimentell dargethan worden. Temperatursteigerung hat vielmehr einen umgekehrten, jedoch innerhalb physiologischer Grenzen nicht so eclatanten Einfluss: die Chamaeleonen werden bei künstlicher Erwärmung auf 30—38° C, sei es im grösseren Raume, sei es im engen Gefäss, heller als gewöhnlich und nehmen dabei, auch bei starker Belichtung, einen gelben Farbenton an.

Brücke hat nun weiter die locale Begrenzung der Lichtreaction nachgewiesen. Von Schlagschatten getroffene Stellen der Haut sah er hell bleiben, und nach Umlegen von Stanniolstreifen konnte er stets umschriebene Aufhellung constatiren. Krukenberg hat mit Uebergehung ersterer Thatsache die Beweiskraft

1) Krukenberg l. c. p. 30.
2) Brücke l. c. p. 26.

der letzteren angefochten, in einer merkwürdigen Weise. Er versucht eine Umdeutung des Einflusses der Stanniolstreifen mit Hinweis auf die Metalloskopie und den Transfert (!). Zu einer wissenschaftlichen Widerlegung kann ein solcher Einwand nicht nöthigen. Man braucht übrigens nur einen Lichtstreifen durch einen Spalt auf eine Körperstelle des Thieres fallen zu lassen, um in kürzester Zeit, in wenigen Minuten, das Bild des Lichtstreifens als dunkle Linie zu sehen.

Um zu entscheiden, wie die Strahlen verschiedener Wellenlänge einwirken, hat Brücke das Licht, bevor es in den Behälter der Thiere fiel, durch vorgelegte Schichten von Alaunlösung und durch eine grüne, mit Kupferoxyd gefärbte Glasplatte geben lassen. Im ersteren Falle war die belichtete Seite dunkler geworden, von letzterem erfahren wir nur, dass die Thiere erblassten. Aehnliche Versuche mit verschieden gefärbten Glasscheiben habe ich auch angestellt, wobei der Kasten, in dem die Versuchsthiere sich befanden, innen schwarz ausgeschlagen war. Es zeigte sich bei Anwendung der verschiedenen Scheiben kein merklicher Unterschied. Ich musste aber dabei den Eindruck gewinnen, dass diese Versuchsanordnung wenig geeignet zu feineren Unterscheidungen sei, schon weil die Scheiben von zu wenig correcter Strahlenauswahl waren. Ausserdem aber hat man dabei nicht wohl die Möglichkeit, von momentanen Verschiedenheiten abzusehen, und die Insassen des Kastens verhalten sich nicht ruhig genug, um dem Lichte stets die gleiche Seite darzubieten.

Deshalb suchte ich durch eine andere Einrichtung der Experimente reinere Resultate zu gewinnen. Herr Prof. Winkelmann stellte mir dazu seine liebenswürdige Unterstützung und die Instrumente des physikalischen Institutes zur Verfügung, wofür ich ihm hier verbindlichen Dank aussprechen möchte. — Als Lichtquelle diente electrisches Bogenlicht, das bei verdunkeltem Raume durch einen regulirbaren Spalt fiel. Die Wirkung wurde abwechselnd an zwei Chamaeleonen geprüft, die eine gleichmässige, hell grüngelbe, bei Verdunkelung immer wiederkehrende Farbe hatten. Das Band weissen Lichtes wirkte bereits nach einer Minute sehr intensiv schwärzend, nur der mediane Bauchstreif und die Haftflächen der Füsse blieben unverändert. Nun wurden Scheiben, die ein möglichst homogenes Licht hindurchliessen, vorgesetzt und eine gleichmässige Expositionsdauer von 3 Minuten innegehalten, nach

deren Ablauf der Effekt bei Tageslicht festgestellt wurde. Derselbe war am stärksten unter einem blauen Glase, dagegen ziemlich schwach bei den rothen, gelben und grünen und fast unmerklich bei einem dunkelvioletten, welches ausser wenigen sichtbaren den ultravioletten Strahlen den Durchgang liess.

Beweisender dürfte die Abänderung dieses Versuches sein, die darin bestand, dass ein Spectrum entworfen und verschiedene Abschnitte desselben successive durch einen Spalt auf die Flanke des Thieres je 5 Minuten lang zur Einwirkung gebracht wurden. Wieder die grösste Wirkung im Blau des Spectrums, welche nach der Seite der schwächeren Brechbarkeit langsam, nach der ultravioletten Seite schnell abnahm. Dabei möchte ich hervorheben, dass einerseits das electrische Licht reich an kurzwelligen Strahlen ist, dass aber andrerseits der den letzteren entsprechende Theil des Spectrums durch ein Prisma in die Länge gedehnt ist, und daher hier auf die Spaltfläche verhältnissmässig weniger Lichtstrahlen fallen. Mit der constatirten Abstufung der Wirkung stimmt im Ganzen die Angabe von Bert[1]) überein, wonach das durch dunkelblaue, nicht aber das durch rothe oder gelbe Scheiben hindurchgegangene Licht die Chamaeleonenhaut dunkle. Uebrigens verkenne ich nicht, dass ein derartiger Versuch von einem correcten physikalischen noch weit genug entfernt ist. Wird doch viel darauf ankommen, wieweit es gelingt, das Thier gleichmässig ruhig dem Lichtbande entgegenzuhalten, und wieweit andere individuell auf die Haut wirkende Momente ausgeschlossen werden können. In letzterer Hinsicht suchte ich die Resultate durch mehrfache Wiederholung und Wechsel der Reihenfolge vor Trübungen zu schützen.

Ein Unterschied der resultirenden Farbennuance bei Anwendung der verschiedenen Strahlengattungen war nicht vorhanden; die Dunkelung durchlief stets die Phasen von Grünlichbraun, Graubraun bis Braunschwarz.

Die somit gegen den Widerspruch Krukenberg's rehabilitirte Lichtreaction beim Chamaeleon lässt uns einen Blick auf dieselbe bei verwandten Thierklassen werfen. Da ergiebt sich die Erscheinung, dass sie gerade das umgekehrte Verhalten darbietet, wie es bei den Amphibien, insbesondere den Fröschen, von Stei-

---

1) Bert l. c. p. 939.

nach[1]) und Biedermann[2]), bei Fischen von Pouchet[3]) und Heincke[4]) constatirt wurde, ja sogar das umgekehrte, wie es bei nahverwandten Reptilien stattfindet. Denn der Farbenwechsel scheint bei ihnen sehr ausgebreitet zu sein, wenn er auch wohl nur selten so überraschend schnell und eclatant auftritt wie bei dem altberühmten Chamaeleon. Ein Rivale von ihm wäre nach Filippi[5]) nur der Stellio caucasicus, insofern dessen Farbenumschlag ein noch extremerer, wenngleich nicht so mannigfacher sei. Deutlich sei er allein an der Brust- und Bauchunterseite, mit Ausschluss eines elliptischen Feldes auf letzterer, und er nehme nach dem Rücken zu ab. Filippi hat bei diesem Agamiden Versuche nach dem Vorbild der Brücke'schen angestellt und eine starke Reaktion auf Belichtung und Verfinsterung gefunden: im lichtlosen Raum Dunkelung der Haut bis zum tiefen Schwarz, im Sonnenschein totale Bleichung. Von Phrynosoma orbiculare, einer mexikanischen Agame, berichtet Wiedersheim[6]), dass sie an kühleren Tagen, bei bewölktem Himmel starr, regungslos mit dunkler Haut daliege, dass diese aber zu einem silbergrauen Farbenton abblasst, sobald ein Sonnenstrahl zu ihr dringt — eine Erscheinung, die der Autor wohl nicht mit Recht dem Temperatureinflusse zuschreibt. Auch von den Lacerten wird Aehnliches berichtet. So erzählt Leydig[7]), der den Farbenwechsel als bei Reptilien allgemein verbreitet hinstellt, dass die auf heissem Sande eingefangenen Exemplare von Lacerta muralis var. campestris anfangs sehr hell aussahen, dann aber, im Dunkeln gehalten, merklich dunkler wurden, um im Licht ihr früheres Aussehen wiederzuerlangen. Eine grössere Zahl exotischer Reptilien soll nach zerstreuten Angaben in der Literatur Farbenwechsel zeigen, ohne dass Näheres über seine Bedingungen angegeben wäre[8]).

1) Steinach, Ueber Farbenwechsel bei niederen Wirbelthieren. Centralbl. f. Phys. 1891, Heft 12.

2) Biedermann l. c. p. 488. f.

3) Pouchet l. c.

4) Heincke, Schriften d. nat. Ver. Schlesw.-Holstein 1875.

5) F. de Filippi. Sulla struttura etc. Mem. Ac. Torino Ser. II. T. XXIII. 1863. p. 363 ff.

6) Wiedersheim, cit. nach C. K. Hoffmann, Reptilien in Bronn's Klassen u. Ordn. des Thierreichs. p. 1353.

7) Leydig cit. ibidem. p. 1361.

8) s. Anhang dieser Arbeit.

Während also der Effekt der Lichteinwirkung beim Chamaeleon zu den meisten an anderen Wirbelthieren gemachten diesbezüglichen Beobachtungen in directem Gegensatz steht, kenne ich drei ihm vielleicht entsprechende Erscheinungen. Zunächst der noch wenig studirte dunkelnde Lichteinfluss auf die menschliche Haut, irrthümlich Verbrennung genannt, wie er sich im Sommer bei allen viel im Freien lebenden Leuten an den ausgesetzten Hautstellen beobachten lässt, und der exessiv, mit Entzündung einhergehend, bei Hochgebirgswanderern durch das vom Neuschnee reflectirte Sonnenlicht erzeugt, als „Gletscherbrand" bekannt ist. In wie weit hier die Analogie eine nicht bloss rein äusserliche ist, muss bei dem Mangel einschlägiger Untersuchungen dahingestellt bleiben. Zwei andere Analogieen gehören dagegen sicher hierher. Die eine ist die bekannte Wirkung des Lichtes auf die Pigmentzellen der Retina. Die andere finde ich in einer Beobachtung von Hermann gelegentlich eines Referates über das Verhalten von Froschlarven im galvanischen Strom mitgetheilt[1]). Danach werden Froschlarven der ersten Wochen im Dunkeln in weniger als einer Stunde regelmässig ganz hell und so durchsichtig, dass die Pulsation des Herzens deutlich zu sehen ist; „im Lichte werden sie etwas schneller wieder dunkel." Und zwar wirkt dabei rothes Licht wie Dunkelheit, blaues wie Tageslicht. Auch in letzterem Punkt darf ich eine Analogie zu meinen Resultaten erkennen. Etwas andere Strahlen erwiesen sich dagegen beim erwachsenen Frosch als die wirksamsten, nach Steinachs[2]) Versuchen, nämlich die grünen, zwischen den Fraunhofer'schen Regionen des Spectrums $D + \frac{1}{2}DE$ und $F + \frac{1}{4}FG$ gelegenen.

Bevor ich mich zu weiteren Versuchen wende, möchte ich auf die oben schon berührte Frage nach der Bedeutung des Farbenwechsels der Chamaeleonenhaut, mit Berücksichtigung der Lichtraction zurückkommen. Ueber die Zweckdienlichkeit derselben hat, soviel mir bekannt, nur Seydlitz[3]) eine Ansicht aufgestellt, nämlich die, dass durch die Vorlagerung des schwarzen Pigmentes ein Schutz der tieferen Theile der Haut vor den sengenden Strahlen der Sonne erzielt werde. Demgegenüber lässt sich hervorheben,

1) Hermann, Pflüg. Arch. 39. 1886. p. 418.
2) Steinach l. c. p. 6.
3) Seydlitz l. c. p. 8.

dass die Chamaeleonen exquisit lichtliebende Geschöpfe sind, und dass sie sich den directen Sonnenstrahlen stets mit der abgeflachten Breitseite ihres Leibes senkrecht entgegenstellen, so dass ihre Medianebene also gegen die Horizontale geneigt wird. Aus diesem Verhalten könnte man vielmehr den Eindruck gewinnen, als läge der Sinn der Dunkelung gerade in der vollkommeneren Aufnahme der Licht- resp. Wärmestrahlen. Einzusehen wäre aber dabei nicht, warum sie dann schwächerem Lichte gegenüber nicht erst recht eintritt. Meine Ansicht über die aufgeworfene Frage nähert sich wieder den Wallace'schen Gesichtspunkten, insofern die Lichtdunkelung mir, wiewohl die erste Ueberlegung das Gegentheil wahrscheinlicher machen könnte, als eine Einrichtung des Farbenschutzes aufzufassen scheint. Je greller das Sonnenlicht, um so schwärzer erscheinen die unbeschienenen Stellen, namentlich die im Schatten befindlichen Aeste des Laubwerkes, und zu diesen passt dann das Aussehen der geschwärzten Thiere ausserordentlich gut. In der That ist es, schon hierzulande, bei nicht genauem Zusehen recht schwer, dieselben etwa auf den belaubten Zweigen einer jungen Birke oder Buche zu erkennen. Noch schärfer muss aber der Contrast von Lichtern und Schatten nach den Berichten aller Berufenen werden, je mehr man sich der tropischen Sonne nähert, um so wirkungsvoller daher auch der beschriebene Farbenschutz sein.

Sind mit den besprochenen Agentien, mit Licht und Wärme, die unter natürlichen Verhältnissen auf das Chamaeleon einwirkenden Momente erschöpft? Haben wir also ausserdem nur sogenannte spontane oder psychische, d. h. im Centralnervensystem des Thieres scheinbar ursachlos entstehende, Bedingungen der Farbenveränderung anzunehmen, wie die früheren Beobachter es gethan haben? Denn so schulmässig liegt die Sache ja nicht, dass das Aussehen des Thieres immer in allen Abstufungen ein getreuer Ausdruck der genannten physikalischen Factoren wäre; auch tangiren dieselben nur das Hell oder Dunkel, nicht aber die Nuancirung und Zeichnung der Haut. In dieser Hinsicht hat man den Affekten des Thieres eine grosse Rolle zudictirt, ja Krukenberg ist so weit gegangen, anzunehmen, dass wenn das nachtschlafende Chamaeleon einmal nicht ganz hell war, sondern sich „einige dunkele Strichelchen oder Flecke und am Schwanze einige schwarze Ringe“ erhielten, dies seine Ursache in Traumbildern

hätte. Im Einzelnen sind die Autoren über die Wirkung der Gemüthsbewegungen nicht einig. Nach Brücke[1]) würde sie sich verschieden gestalten; einmal schreibt er der psychischen Erregung auffallende Hellfärbung zu, ein andermal sagt er, die Thiere würden bisweilen, wenn sie ernstlich mit einander kämpften, recht eigentlich vor Zorn schwarz; in der Furcht soll die Stippchenzeichnung deutlich hervortreten. „Im Allgemeinen, sagt er, sind sie um so lebhafter gefärbt und gezeichnet, je munterer und erregter sie sich überhaupt zeigen.“ Krukenberg dagegen lässt stets die Erregung dunkelnd, die Ruhe bleichend wirken, und er schreibt diesen Momenten sogar den Haupteinfluss auf das Farbenspiel unter physiologischen Verhältnissen zu. Auseinanderweichend sind auch die Angaben in Bezug auf einen anderen natürlichen Vorgang, den Tod des Thieres. Der letztgenannte Forscher stimmt mit Bert darin überein, dass die Thiere beim Tode erblassen, oder doch nach demselben bleich werden. Brücke[2]) berichtet im Gegensatze dazu, dass zwei Chamaeleonen, die er plötzlich tödtete, in der Hauptsache dunkel wurden, jedoch ganz unregelmässige Zeichnung bekamen. Wenn es nun danach auch nicht unwahrscheinlich ist, dass hier die Todesursache und die Dauer der Agone eine Rolle spielen, so sieht man doch, eine feste Beobachtungsgrundlage ist bei den „inneren“ Ursachen der Verfärbung keineswegs gewonnen.

Eine andersartige Einwirkung auf das Aussehen unserer Thiere haben wir dagegen wohl in Folgendem feststellen können. Werden sie von ihren normalen Aufenthaltsorten, dem Geäst der Bäume, entfernt und gezwungen, sich auf dem Erdboden fortzubewegen, so tritt regelmässig eine deutliche Veränderung ein. In wenigen Minuten hellt sich die Färbung auf, allenthalben entwickelt sich eine weisse Fleckenzeichnung, die immer mehr in den Vordergrund tritt, und bald kann man sagen, auf weissem Grunde stehen schwarze, grössere und kleinere, den „Stippchen“ und „Binden“ entsprechende Flecken. Dieser Vorgang hat auch bei directer Sonnenbeleuchtung statt mit der constanten Differenz zwischen Licht- und Schattenseite. Auch seine Bedeutung scheint im Schutz vor Wahrnehmung zu liegen, denn auf einem kiesigen Boden ist

1) Brücke l. c. p. 25, 26, 30.
2) Brücke l. c. p. 32.

das so gezeichnete Thier oft aus einiger Entfernung kaum zu bemerken. Suche ich nach dem auslösenden Momente dieser Farbenänderung, so finde ich sie in tactilen Erregungen, ausgehend von der dem Thiere aufgezwungenen Fortbewegung; man sieht ihm das Ungewohnte seiner Fussstellung ordentlich an. Die zum Umklammern von Aesten eingerichteten Greiffüsse empfangen erklärlicherweise durch den Gang auf flachem Grunde ganz andere Tasteindrücke als sonst. Damit tritt die Erscheinung in Parallele zu der durch Biedermann[1]) beim Laubfrosch experimentell festgestellten, dass dessen Ergrünen und Dunkeln in ausschlaggebender Weise von Berührungsempfindungen der Haftscheiben an den Zehen abhängt, je nachdem dieselben auf frischen Blättern sich befestigen oder an unebenen Gegenständen Halt finden müssen.

Damit verlasse ich die natürlichen den Farbenwechsel bedingenden Momente und gehe zu den Versuchen mit künstlichen Agentien über. Da soll zunächst die Wirkung dieser Reizung besprochen werden. Geschehe dieselbe nach Milne-Edwards mit Kali causticum, oder, um Aetzung oder Pigmentauflösung zu vermeiden, nach Brücke[2]) mit Terpentinöl oder dem faradischen Strom — immer ist die Wirkung die gleiche: die vorher dunklere Parthie auch der vollständig abgelösten Haut wird hell gelb oder gelblich weiss, die Partie bleibt aber unverändert, wenn sie vorher diese Farbe hatte. War die chemische oder electrische Reizung stark, so tritt nach ihrem Nachlass eine Reaction ein, die betroffene Stelle wird dunkler als ihre Umgebung.

Den Reizmitteln entgegengesetzt wirkt das Chloroform; trägt man es mit einem Wattebäuschchen auf, so wird die benetzte Hautstelle und je nach der angewandten Quantität ein weiterer oder engerer Hof um sie herum in weniger als 2 Minuten extrem schwarz, sich gegen die Umgebung durch einen sehr schmalen hellgelben Saum absetzend. Den gleichen Erfolg hat die örtliche Anwendung des Chloroforms in Dampfform. Nur in letzterem Falle, wenn es nach kurzer Exposition bloss bis zu leichter Bräunung gekommen ist, verschwindet später der Effekt wieder, nach auch nur minutenlanger Einwirkung dagegen ist die Schwarzfärbung,

---

1) Biedermann l. c. p. 506 ff.

2) Brücke l. c. p. 27.

wenigstens auf Wochen hinaus, eine bleibende, durch kein Mittel wieder zu entfernende.

Den von Brücke und Bert gemachten Versuch der Durchschneidung und Reizung eines gemischten Nerven kann ich in seinem Effekte bestätigen. An einer Vorderextremität wurde der leicht freizulegende Nerv. bracch. inf. longus durchschnitten: der distale Theil des Vorderarmes und der Fuss wurden so dunkel, dass sie sich von dem im übrigen ziemlich dunkelen Thier scharf abhoben. Kein Wunder also, wenn auch ein von seinen Nervenverbindungen abgetrenntes oder ein stark gequetschtes Hautstück schwarz wird. Auf Reizung des peripheren Nervenstumpfes in der gewöhnlichen Weise mit Wechselströmen geht die Farbe der genannten Partieen durch grün in hellgelb über; es bedarf dazu einer beträchtlichen Stromstärke und längerer Einwirkung derselben. Nach Aussetzen der Reizung werden die Theile in anderthalb Minuten wieder dunkel.

Rückenmarksdurchtrennung und -reizung haben für die hinter der betreffenden Stelle gelegenen Körperregionen dieselben Folgen, wie es für die Nerven beschrieben ist, darin sind alle Beobachter einig. Geschah die Durchschneidung im Cervicalmark, so sah Bert den vorderen Körperabschnitt und den Kopf schwarz werden; die coloratorischen Nerven für diese Bezirke verlaufen nach ihm im grossen Halssympathicus. Ich will hier auch seine übrigen Resultate namhaft machen, um so mehr, da Krukenberg's Referat[1]) in einigen Punkten unrichtig ist bis zur Entstellung ins Gegentheil.

Halbdurchschneidung der Medulla spinalis zieht Schwärzung der gleichnamigen Seite nach sich. Bei durchschnittenem Rückenmark löst eine energische Reizung eines gemischten Nerven reflectorisch leichte Aufhellung des gedunkelten Bezirkes, besonders auf der gleichnamigen Seite, aus. Mit Entfernung der Hirnhemisphären oder der Sehhügel, des Kleinhirns oder der Grosshirncommissur verliert das Thier die Fähigkeit spontaner Farbenänderung, während seine Haut auf Reize weiter reagirt. Wird dagegen die Medulla oblongata jenseit des IV. Ventrikels durchtrennt, ist die total schwarze Farbe des Thieres gegen alle Reize widerstandsfähig. Verlust nur einer Hirnhemisphäre, stets mit dem des gegen-

1) Krukenberg l. c. p. 35, Anm.

seitigen Auges verbunden, hat ein verschiedenes Verhalten der beiden Körperhälften zur Folge: die gleichnamige ist stets dunkler, und der Wechsel des Colorits geht auf ihr schneller vor sich. Dies Uebergewicht wird nicht durch Exstirpation des gesunden Auges ausgeglichen. Dagegen hat Verlust eines Auges hellere Färbung der gleichnamigen Körperhälfte zur Folge, Exstirpation des anderen Auges stellt das Gleichgewicht wieder her.

Bei der Beurtheilung dieser Angaben kann ich nur die Kritik Krukenberg's theilen, „dass die Versuchsergebnisse oft sehr verschieden ausfallen, ja sich ganz zu widersprechen scheinen". Ich habe die Ablatio eines Auges vorgenommen, ohne irgend welchen Erfolg zu finden, die beiden Körperhälften reagirten ganz ebenso prompt wie früher auf Licht und nahmen dabei, soweit man sich auf die Taxirung verlassen darf, eine ebenso dunkele Schattirung an. Die Kritik der Unsicherheit von Durchschneidungs- und Reizungsresultaten trifft aber auch die Krukenberg'schen, der nach Durchschneidung der Augenstiele am blossgelegten Gehirn eine Hellfärbung, auf schwache Reizung ihrer centralen Stümpfe ein Dunkelwerden des ganzen Thieres, das letztere auch auf Reizung der Augen des unversehrten Thieres mit sehr schwachem Strome, gesehen haben will. Von meinen Versuchsthieren veränderte sich auf Reizung der Augen bei verschiedenem Rollenabstande des Du Bois'schen Schlittens das eine garnicht, ein anderes aber wurde, statt dunkler, deutlich heller — eine Folgewirkung, die ich bei demselben dann auch durch Anlegung der Drähte ohne Strom hervorbrachte.

Die gleiche Kritik trifft aber auch den grössten Theil der Vergiftungsversuche Krukenberg's, besonders die „combinirten". ist doch schon der Erfolg einfacher Vergiftungen ein unsicherer und wechselnder, wie das Beispiel des Curare beweist. Während Bert erklärt, dasselbe sei ohne jeden Einfluss auf die coloratorischen Vorgänge, behauptet Krukenberg[1]), dass es „sehr bald" dem Thiere ein schwarzes Colorit verleihe und verhindere, dass Reizung vom Nerven aus seine gewöhnliche Wirkung entfalte. In Bezug auf das Eserin spricht der Letztgenannte selbst von „zweideutigen Vergiftungserscheinungen, aus denen man jedes Beliebige schliessen könnte". Ich möchte daher nur diejenigen Ver-

---

1) Krukenberg l. c. p. 45.

giftungen aufführen, die bei den verschiedenen Experimentatoren übereinstimmend ausgefallen sind, die ich nachgeprüft habe, und die mir von Wichtigkeit zu sein scheinen. Der einzige von Brücke herrührende diesbezügliche Versuch ist der mit Strychninnitrat. Die Wirkung, die Krukenberg in den Hauptzügen bestätigt, war die, dass mit dem Eintritt der Krämpfe die vorher deutliche, dunkel von hellem Grunde abgesetzte Zeichnung immer mehr zurücktrat, bis auf die Stippchen, die am längsten standhielten; die normale Lichtreaction blieb bestehen, bis der Starrezustand eingetreten und die letzte Spur der Zeichnung verwischt, das Thier dadurch gänzlich blassgelb geworden war. Ebenso bleichend wirkt nach Bert's, Krukenberg's und meinen Versuchungen die Aethernarkose, wogegen die Chloroformnarkose das entgegengesetzte Resultat giebt; diese überraschende Angabe von Krukenberg konnte ich bestätigen, indem ich die oben erwähnte directe Wirkung des Mittels auf die Haut ausschloss.

Um den Einfluss festzustellen, den vermehrter Kohlensäuregehalt des Blutes auf die Färbung ausübt, habe ich eins meiner Chamaeleonen in eine Atmosphäre von Wasserstoff gebracht. Derselbe, der natürlich unter Anwendung von arsenfreiem Zink im Kipp'schen Apparat entwickelt und in Kalilauge gereinigt wird, tritt in den Glasbehälter des Thieres von oben ein und entweicht durch eine bis zum Boden reichende Röhre. Nach 20 Minuten von Beginn der Entwicklung an — seit 5 Minuten erweist sich das geprüfte aussteigende Gas als ohne Explosion brennbar — lässt sich bereits eine deutliche Hellfärbung des anfänglich braunen, grüngesprenkelten Thieres feststellen, dieselbe wächst rasch und nimmt durch grünliche Farbentöne hindurch bis zum hellsten Gelb unter vollständiger Aufhebung der Lichtreaction zu. Die Bewegungen des Thieres sind unterdessen langsamer geworden, nur macht es bei maximal aufgesperrtem Maul von Zeit zu Zeit ausserordentlich heftige Athembewegungen. An die freie Luft gebracht dauern die angestrengten Inspirationen und die von fauchendem Geräusche begleiteten Exspirationen fort, und das Thier erholt sich nach und nach von der Asphyxie. Eine Viertelstunde, und die erste Spur von Grünfärbung erscheint wieder; sie nimmt nur sehr allmählich zu, so dass die Haut nach $^3/_4$ Stunden zwar dunkler, aber doch noch relativ hell ist. Schon vorher ist die Empfindlichkeit gegen Licht zurückgekehrt. Ein ähnlicher Versuch mit Leuchtgas

hat mit Eintritt von Convulsionen dasselbe Endresultat der Hellgelbfärbung, nachdem zuerst eine geringe Dunkelung der Haut aufgetreten war. Auch hier stellt sich 15 Minuten nach Unterbrechung des Versuches und Anwendung künstlicher Athmung bei dem anfangs regungslos daliegenden Patienten die Lichtreaction wieder ein.

II. Histologische Thatsachen.

Die mikroskopische Untersuchung der Chamaeleonenhaut wurde von mir im hiesigen anatomischen Institut vorgenommen. Für die gütige Erlaubniss dazu möchte ich an dieser Stelle Herrn Hofrath Prof. Fürbringer verbindlichsten Dank aussprechen, ebenso Herrn Prof. Semon für seine Unterstützung durch Rathschläge und Material. Besonders verpflichtet fühle ich mich dem Assistenten des genannten Institutes, Herrn Dr. Braus, der mich in vielen Einzelheiten der Technik auf das Liebenswürdigste unterwies.

Es konnte bei dieser Untersuchung meine Aufgabe nicht sein, die allgemeinste histologische Grundlage der Farbenveränderung festzustellen; denn das ist bereits, nach Vorgang von Milne-Edwards, in der Brücke'schen Monographie unanfechtbar geschehen. Die Resultate der letzteren sind mittlerweile auch von Pouchet[1]) in der Hauptsache bestätigt, im Einzelnen corrigirt und erweitert worden. Für mich handelte es sich nun darum, den Bau der Haut genauer, als es bisher geschehen war, zu untersuchen und einige feinere Einzelheiten genauer zu verfolgen. Für diesen Zweck war es allerdings wenig günstig, dass ich versäumt hatte, rechtzeitig frische Haut vom lebenden Thiere mit in Untersuchung zu nehmen. Denn während einer längeren Abwesenheit waren die zurückgebliebenen Chamaeleonen gestorben und in absol. Alcohol gewandert. Immerhin hat sich dieser als ein für dies Objekt leidliches Fixirungsmittel bewährt.

Die Untersuchung wurde, nach Orientirung an Zupfpräparaten, besonders durch Vertikal- und Flächenschnitte vorgenommen, die mit Jung'schem Microtom, bei Anwendung guten, harten Paraffins zur Einbettung, in der Dicke von 7,5 bis 15 μ gut gelangen. Ich

---

1) Pouchet l. c. p. 61—65.

gedenke nun die Darlegung des Baues der Haut in umgekehrter Reihenfolge, wie man sie gewöhnlich findet, nämlich von innen nach aussen, vorzunehmen; man gelangt so am schnellsten zu den Hauptelementen des Farbenwechsels.

Ein lockeres subcutanes Gewebe. das die Blutgefäss- und Nervenstämme führt, trennt die Haut von der darunterliegenden quergestreiften Musculatur. Die Cutislagen, die nun folgen, sind von ziemlicher Mächtigkeit und bestehen aus dicken, hyalinen Bindegewebsbündeln, deren Richtung nach den Hautstellen verschieden ist. An manchen durchflechten sie sich in wirren Windungen, an anderen sind sie vorwiegend in der Unterfläche paralleler Ebenen ausgebreitet und kreuzen sich rechtwinkelig. Dann unterscheidet man im Verticalschnitt wohl sehr sauber die längsgetroffenen von correct querdurchschnittenen Bündeln. Durchsetzt wird diese Schicht von senkrecht aufsteigenden, Gefäss- und Nervenzweige führenden Bindegewebezügen. In dem beschriebenen Gewebe zerstreut finden sich schwarze Pigmentzellen von unregelmässiger, oft verzweigter Gestalt. Ihre Beziehung zu den Gefässen ist ebenso wie bei den Amphibien und Fischen [1]) eine sehr ausgesprochene, erstreckt sich jedoch nicht bis auf die höher aufsteigenden Capillaren. Für das Aussehen der Haut sind diese Pigmentzellen belanglos.

Wo die Hauptmasse dieses Gewebes, das dem Stratum limitans inf. mehrerer Autoren entspricht, aufhört, liegen die grossen „schwarzen Pigmentzellen," die „Schläuche" Studiati's. Da ich eine genauere unterscheidende Bezeichnung der Farbenträger für wünschenswerth halte, nenne ich diese Melanophoren. Sie bilden keine einheitliche, zusammenhängende Schicht, sondern nehmen verschiedene Höhen ein. Stets aber reicht das helle Bindegewebe bis zu ihnen heran; dies hat eben auch keine einfache Begrenzungslinie, deutet aber doch im Ganzen durch convexes Vorspringen die Höcker, „Tuberkeln", an, welche von den äusseren Gewebeschichten gebildet werden. Mit den Melanophoren müssen wir uns etwas näher beschäftigen, wobei zunächst der Befund einer schwarz erscheinenden Hautstelle zu Grunde gelegt werden soll (Fig. 1). Sie fallen gleich durch ihre zwar wechselnde, aber doch beträchtliche Grösse und die Aehnlichkeit ihrer Form mit den bekannten

1) Biedermann l. c. p. 469.

Purkinje'schen Zellen des menschlichen Kleinhirns auf, indem ein dem Innern des Körpers zugewandter Theil, der Körper, sich von einem nach aussen gerichteten und durch dendritische Verästelungen gebildeten unterscheiden lässt. Der Körper hat eine kugelige bis länglich-ellipsoidische, senkrecht zur Oberfläche orientirte Grundform, sein Fundus ist ohne Ausläufer, höchstens mit stumpfen Fortsätzen. Die Verästelung des äusseren Abschnittes ist spitzwinkelig und nimmt pheripheriewärts an Reichthum zu, um mit leichten Anschwellungen durchweg genau an der Grenze zwischen Cutis und Epidermis zu endigen. Dabei nähern die benachbarten Endausläufer einander bis zur Berührung, ohne jedoch eine Verschmelzung einzugehen. Im Flächenbild erscheinen nie zusammenhängende Massen, sondern nur sehr dichtstehende Punkte. Körper und Ausläufer sind nämlich in dem geschilderten Zustande maximaler Expansion mit einem dunkelbraunen, aus kleinen, länglich runden Körnchen bestehenden Pigment erfüllt, in den Ausläufern dichter als im Körper.

An den dunkeln Chromatophoren der Fische ist zuerst von Solger[1]) das Vorhandensein einer den bekannten Attractionssphären in ruhenden und sich theilenden Furchungszellen analogen Bildung beschrieben worden, wobei durch die Anordnung der Farbstoffkörnchen gleichsam das negative Bild des durch Tinction erhaltenen positiven erscheine. Ist etwas ähnliches auch an unseren Melanophoren zu finden? Im Fundus ihres Körpers sieht man oft ohne besonderes Verfahren einen grösseren quergestellten Fleck, an dem das Pigment spärlicher ist; ausserdem ist ebenso oft in der Mitte des Zellkörpers eine kleinere pigmentfreie Stelle zu finden. Was diese Gebilde zu bedeuten haben, darüber konnte ich an Schnitten eines wochenlang mit Eau de Javelle vorbehandelten Hautstückes Gewissheit erlangen, nachdem ich die verschiedenen Tinctionsmethoden herangezogen hatte. Am meisten hat sich mir dafür die Färbung nach Biondi-Heidenhain mit der Drüner'schen Modification d. h. der sauren Nachbehandlung, bewährt (Fig. 8). Der ersterwähnte Fleck entspricht dem Kern der Pigmentzelle, die helle Stelle der Attractionssphäre. Der Kern, dessen Vorhandensein übrigens auch Pouchet con-

1) Solger, Zur Kenntniss der Pigmentzellen. Anat. Anzeiger 6. 1891. p. 162f. Ders., Ueber Pigmenteinschlüsse in d. Attractionssphäre, ibid. p. 282 ff.

statirt, hat eine ovoide Gestalt mit einer geringen Einziehung bis stärkeren Vertiefung, erscheint also im optischen Querschnitte nieren- bis hufeisenförmig. Dieser Vertiefung liegt die Attractionssphäre regelmässig gegenüber. Dass es nicht möglich war, ihre Elemente unzweideutig nachzuweisen, ist bei der angewandten Fixationsmethode erklärlich; daher kann ich nicht sicher sagen, ob ein sich stärker färbendes und stärker lichtbrechendes Korn in ihrer Mitte dem Centrosom genau entspricht — auffallend ist seine beträchtliche Grösse; unzweifelhaft aber habe ich in einigen Stellen der Schnitte radienförmig verlaufende Fasern finden können. Vielfach war die Bleichung des schwarzen Pigmentes eine unvollständige geblieben, und dann liess sich bisweilen noch die strahlige Anordnung der Körnchen, mit Convergenz auf die Mitte der Attractionssphäre, wahrnehmen. In den Ausläufern der Zelle finden sich die Körnchen mehr oder weniger ausgesprochen in parallelen Zügen gereiht.

Betrachten wir jetzt im Gegensatz dazu eine weissliche Hautstelle (Fig. 2), so fällt auf den Verticalschnitten sofort auf, dass die Verästelungen der Melanophoren verschwunden sind. Das schwarze Pigment bildet hier nur rundliche, doch oft mit kurzen auswärts gerichteten Fortsätzen versehene Massen. Es ist also eine Ballung des Pigments eingetreten. Es lag nun die Streitfrage vor, ob in diesem Falle die ganze Zelle ihre Ausläufer, wie die Amoeben ihre Pseudopodien, eingezogen habe, oder ob nur die färbenden Theilchen im Innern der Zelle eine Verschiebung erleiden, die Verzweigung also bestehen bleibe und nur ihrer Durchsichtigkeit wegen der Beobachtung entgehe. Zu der letzteren Anschauung wurde Brücke[1]) geführt, indem er an einzelnen Stellen noch Körnchenreihen fand, die in den Ausläufern zurückgeblieben waren und sie so kenntlich machten. Später scheint er davon zurückgekommen zu sein, wenigstens spricht er in den „Vorlesungen über Physiologie", 2. Aufl. 1875, immer nur davon, dass die Chromatophoren Fortsätze ausstreckten und einzögen. Dies ist auch Pouchet's Ansicht, der es auch nicht für nothwendig hält, präformirte Lücken des Bindegewebes anzunehmen, innerhalb deren sich die Zellen nach Art der Hornhautkörperchen bewegen. Er

1) Brücke l. c. p. 22.

sagt[1]): „Leur état d'activité suffit à expliquer qu'ils pénètrent les substances passives environnantes" und beruft sich auf das Beispiel der Wanderzellen bei Batrachiern. Dieselbe Meinungsverschiedenheit bei den analogen Chromatophoren der Frösche ist, für Hyla wenigstens, als durch Biedermann[2]) endgültig entschieden anzusehen, da er die pigmentfreien Zellausläufer auf grössere Strecken hat verfolgen können. Auch bei Fischen ist das Bestehenbleiben der Fortsätze bei geballtem Pigment einspruchsfrei nachgewiesen worden, namentlich durch Ballowitz und Zimmermann. Ersterer[3]) hat sie sowohl bis in die feinsten Verästelungen mit der Golgi'schen Methode gefärbt erhalten als auch an diesen Verästelungen die Endverzweigungen der Nerven beobachtet; Letzterer[4]) hat in den pigmentfreien Fortsätzen langausgezerrte Kerne nachgewiesen.

Diese Analogieen machten es wahrscheinlich, dass auch beim Chamaeleon Brücke's ursprüngliche Ansicht zu Recht bestände. In der That sieht man an wohlgetroffenen Schnitten schon ohne weitere Präparation von den schwarzen Farbklumpen aus hellere, sich verzweigende Ausläufer durch die Masse des hellen Pigmentes, das unten beschrieben werden soll, hindurch verlaufen. Da jedoch dies letztere sehr störend wirkt — worüber alle Untersucher der Reptilienhaut klagen —, suchte ich nach geeigneten Mitteln, es zu entfernen. Ich fand solche in den Mineralsäuren, welche in einer Concentration von wenigen Procentgraden in Alcohol oder Wasser gelöst 12 bis 24 Stunden hindurch zur Einwirkung auf die mit Eiweiss aufgeklebten Schnitte gebracht wurden; dabei bewährte sich besonders die Salzsäure, da sie die Structur der Gewebe fast ganz intact lässt. Man erhält auf diese Weise sehr klare Bilder. Die Umrisse der Melanophoren treten deutlich hervor, und ganz widerspruchsfrei kann man die pigmentleeren Zellausläufer bis zur Peripherie hin verfolgen (Fig. 9, 10). Dass es nicht etwa Bindegewebslücken sind, die da täuschen könnten, wird auch klar. Denn wenn man die Grenzen der Pigmentmasse betrachtet, so sieht man

---

1) Pouchet l. c. p. 65.

2) Biedermann l. c. p. 487 und Fig. 7 seiner Tafel.

3) Ballowitz Verh. d. anat. Gesellsch. Anat. Anzeiger 1893. Ders., Biolog. Centralbl. XIII, 1893.

4) Zimmermann, Verh. d. anat. Ges. Anat. Anzeiger 1893.

die Körnchen derselben allmählich in die helle Substanz der Verzweigungen hinein auslaufen, hie und da entdeckt man noch zurückgelassene Körnchenansammlungen in ihnen, und ihre fast hyaline Substanz zeigt eine feine Längsstreifung. Sie zu färben, will nicht leicht gelingen, sie hat augenscheinlich wenig Verwandtschaft zu den gebräuchlichen Farbstoffen. Am besten glückte es mir noch einige Male nach der schon erwähnten Biondi-Heidenhain-Drüner'schen Methode, bei der sie einen gelblichen Farbenton annimmt. Es steht sonach fest, dass die Formänderung des braunschwarzen Pigmentes nicht von einer entsprechenden ihres Trägers abhängt, sondern auf Ortsveränderungen innerhalb desselben beruht. Eine gewisse Verschiebung des Protoplasmas wird natürlich dadurch nicht ausgeschlossen.

Das Zurückbleiben von einzelnen Körnchen und von Reihen solcher ist oft ein zufälliger Befund. Nicht zufällig aber ist es, wenn die Hauptmasse des Pigmentes in den Körper der Zelle gewandert ist, jedoch eine grössere Zahl zerstreuter Körnchen in den Enden der Ausläufer, dicht unterhalb der Epidermis liegen bleibt und hier einen zarten Schleier bildet (Fig. 9). Dies ist nämlich mit absoluter Regelmässigkeit bei gleichförmig hellgrauen und bei dunkler gelben Hautstellen der Fall. Schmutzig-graubraune Stellen zeigen dagegen ein unregelmässiges Verhalten der Melanophoren desselben Höckers, insofern einzelne sich im maximalen Expansions-, andere im Retractionszustande ihres Pigmentes sich befinden, wieder andere Zwischenstufen darstellen.

Neben den beschriebenen braunkörnigen Chromatophoren finden sich nun aber stellenweise noch andere von derselben Form, aber meist geringerer Grösse, mit purpurrothem Inhalt; ihrer Bezeichnung als Erythrophoren dürfte wohl nichts im Wege stehen. Pouchet sind sie bekannt. Dass sie Brücke entgangen sind, ist nicht wohl zu verwundern; denn einmal liegen sie in der Masse des hellen Pigmentes versteckt, und zweitens sind sie nicht überall vorhanden, ja nicht einmal häufig. Der vorhin gebrauchte Ausdruck „stellenweise" ist dahin zu erläutern, dass sie nur an den Lateralflecken in grösserer Zahl vorkommen und, wie es scheint, auch nicht bei allen Individuen. Die Verzweigung ist eine ganz den Melanophoren entsprechende, und es lassen sich Uebergänge zwischen beiden Zellarten finden: solche, in denen ausser den braunen Pigmentkörnchen wenig Roth vorhanden ist, und solche, die

stärker roth und mit spärlichen braunen Körnchen bedacht sind. Daher Pouchet's[1]) Angabe einer Nuancenverschiedenheit der rothen Farbe. Seine Schilderung derselben als einer diffusen, sich in die Umgebung verbreitenden wollte sich mit der Fähigkeit der Ausdehnung und Zusammenziehung nicht mehr ungezwungen reimen, seit ich die Zellausläufer als bleibend erkannt hatte. Bei genauerer Untersuchung ergab sich denn auch, dass der Eindruck des Diffusen nur scheinbar ist, in Wirklichkeit besteht das rothe Pigment aus Körnchen, die denen der Melanophoren ganz ähnlich sind. Auch diese Elemente traten nach meiner Säurebehandlung deutlich hervor, da sie dadurch ebenso unangetastet bleiben wie die jener dunkeln Chromatophoren.

Zu bemerken wäre wohl noch, dass beide, Melano- und Erythrophoren einigen Körperstellen ganz fehlen, nämlich dem Bauchstreif und den Fussballen.

Den Raum zwischen den aufgeführten Chromatophoren füllt der Hauptsache nach das weisse oder gelbe Pigment Brücke's aus. Dasselbe ist jedoch mit scharfer Grenze in zwei verschiedene Schichten geschieden, deren Ausdehnungsverhältniss wechselt, doch so, dass immer die innere den grössten Theil einnimmt. Das „Pigment" dieser Schicht führt den Namen nur mit Unrecht, denn es setzt sich aus farblosen Partikeln zusammen, kleinen, dicht gedrängten, rundlich begrenzten, stark lichtbrechenden Körnchen, welche bei auffallendem Lichte (Fig. 3) durch diffuse Reflexion den weissen Eindruck hervorbringen. Bei durchfallendem Lichte erscheinen irgenwie dickere Schichten opak, daher Pouchet diese Region mit dem Namen écran, Lichtschirm, belegt. Die Körnchen sind in Säuren unter Gasbildung löslich, leisten aber auch Alkalien nicht Widerstand; die naheliegende Vermuthung, dass sie die chemische Natur der „irisirenden Plättchen" bei Fischen theilen möchten, die aus Guaninkalk bestehen (Kühne), bestätigte sich. Die Reaction, der bekannten Murexidprobe ähnlich, führte zu einer hochrothen Farbe, die beim Eindampfen in Purpur umschlug. — Brücke empfängt von diesem Pigmente den Eindruck, „dass es ursprünglich in Zellen abgelagert wird, deren Fortsätze sich zwischen andere Gewebstheile eindrängen und dann durch das Wachsthum dieser noch weiter ver-

1) Pouchet l. c. p. 65.

schleppt werden", so dass es frei in den Zwischenräumen des Bindegewebes zu liegen scheine. Ebenso sieht Pouchet den „weissen Staub" in Zellen eingeschlossen, die durch die Wirkung des umliegenden Gewebes in platte Formen gezwungen werden. Diese Bemerkung ist insofern richtig, als die mit grossem Kern versehenen Zellen, die ich Leukophoren nennen möchte, sich mit dem Raum begnügen müssen, den mechanisch widerstandsfähigere Elemente ihnen lassen, daher sie in den tieferen Theilen der Haut — denn auch da kommen sie, gleichsam versprengt, vor — alle möglichen Figuren annehmen. Aber in der Gegend ihrer Hauptentfaltung haben sie Platz genug zur Verfügung; hier sind sie rundlich und liegen dicht aneinander in den weiten Maschen des Bindegewebes. Dessen Fasern sind zum grössten Theil in der Oberfläche des Tuberkels parallelen Ebenen orientirt und trennen dadurch die Leucophorenmasse in ebenso gerichtete Lamellen. Senkrecht dazu steigen vom grobbündeligen tiefer gelegenen Cutisgewebe Züge auf, die sich nach aussen verzweigen. Im Säurepräparat, das die geschilderte Structur gut erkennen lässt, haben diese senkrechten Züge die grösste Aehnlichkeit mit den Ausläufern der Melanophoren, wenn dieselben von Pigment leer sind. Doch sind sie stärker lichtbrechend als letzere und verhalten sich gegen manche Tinctionsmittel verschieden. In der Flächenansicht kommt durch die den Lichtschirm durchbrechenden senkrechten Züge und Zellausläufer das Bild eines Netzes zu Stande, von dem Pouchet spricht.

Es ist nun die äussere Schicht des hellen Pigmentes zu besprechen, die auf dem Bauchstreif verschwindend schmal ist und den Haftflächen der Füsse ganz fehlt. Auch sie ist nicht einheitlich, sondern setzt sich aus zweierlei Elementen zusammen, von denen die einen in einfacher, aber nicht zusammenhängender Lage dicht unter der Epidermis liegen, die anderen den übrigen freien Raum ausfüllen. Die letztgenannten präsentiren sich als längliche, vertical gestellte schollige Gebilde, die mit Zuhülfenahme der Immersion (Fig. 3) eine feine Granulirung erkennen lassen. Ihre bei durchfallendem Lichte bräunlichgelbe, bei auffallendem (Fig. 11) blauweisse Farbe verdanken sie dieser Granulirung — inwiefern, wird aus dem folgenden Abschnitt erhellen. Die untersten von diesen Schollen sind rundlich begrenzt, die äussersten reichen mit spitz zulaufenden Enden bis zur Cutisgrenze oder bis zu den andern erwähnten Elementen. Sie entsprechen den „gros grains

cérulescents“ oder „Iridocytes“ von Pouchet. Er sieht sie also, wiewohl er gesteht, ihr Zellverhältniss nicht sicher haben nachweisen zu können, auf Analogieen sich stützend, als Zellen an. Da diese Körner — so erscheinen sie im Flächenschnitt (Fig. 4) — der Salzsäure noch eher weichen als der Inhalt der Leucophoren, so hat sie auch hier eine wunderbar aufklärende Wirkung. Trotzdem war es schwierig zu erkennen, wie ihre Zugehörigkeit zu Zellen aufzufassen ist. Dass sie selbst Zellindividuen entsprächen, wurde dadurch unwahrscheinlich, dass sie keinen Kern haben. Nahe der Grenze gegen die Leucophorenzone liegen aber grössere rundliche Kerne, und es gelang mir, nachzuweisen, dass zu diesen grössere senkrecht gestellte Zellkörper gehören, in denen die gelben Schollen zu mehreren enthalten sind. Ich möchte für sie den Namen Ochrophoren[1]) vorschlagen. Ich bin zu der Ansicht gelangt, dass der schollige Inhalt dieser Zellen in mehr als einer Hinsicht dem der Leucophoren verwandt ist. Ihr chemisches Verhalten spricht zunächst dafür, das, soweit ich geprüft habe, das gleiche ist. Dann aber habe ich beobachtet, dass die verschmälerten Enden der äusseren Schollen an Präparaten, die von dunkelgelben Hautstellen stammten, in gelbe Körnchen übergingen — in ganz dieselben Körnchen wandeln sich die gewöhnlichen weissen der Leucophoren um, wo sie oberflächlich liegen. Denn die Schicht der Ochrophoren verläuft nach den Seiten der Hauthöcker allmählich und hört da, wo die Furchen zwischen denselben beginnen, auf.

Von den anderen, isolirten Elementen habe ich an dem Alcoholmaterial nicht mehr nachweisen können, als dass es kugelige Zellen mit schönem, grossem Kern sind. Aber man darf Pouchet[2]) darin vollen Glauben schenken, dass sie in frischem Zustande gelbe, fettähnliche Tröpfchen und gelbe Körner von über $2^1/_2$ μ Grösse enthalten; ich nenne sie daher Xantophoren. „Ihre Menge wechselt nach den Individuen und den Hautstellen.“ Pouchet hält diese Zellen für Analoga der gelben Zellen der Batrachier und glaubt, dass sie Contractilität besitzen. Allerdings ist das auch mir wahrscheinlich, zumal ich sie von wechselnder Grösse je nach der untersuchten Hautstelle gefunden habe.

Die Grenze zwischen Cutis und Epidermis wird von einer

---

1) von ὦχρος blassgelb.

2) Pouchet l. c. p. 62.

hellen, schmalen Schicht gebildet, nach Leydig[1]) und Batelli[2]) als Stratum limitans sup. oder externum zu bezeichnen, bei Pouchet „derme proprenaent dit". Die mehrerwähnten senkrechten Züge aus dem tiefen Cutisgewerbe biegen in dieser Schicht T-förmig um und verlaufen in ihr als feine, sich kreuzende Bündel.

Die Oberhaut hat bei den Repitilien ein recht complicirtes, nach den Häutungsstadien und nach den Arten variirendes Gefüge, das nicht nur von rein anatomischem Interesse ist. Fassen wir zunächst ein indifferentes Stadium ins Auge, ich meine ein solches, in welchem weder eine Häutung nahe bevorsteht, noch dieselbe stattgefunden hat. Der Cutis sitzen dann die Zellen des Stratum Malpighianum in einfacher oder doppelter bis höchstens dreifacher Lage auf, das gewöhnliche Verhalten zeigend. Dann folgt, nur durch eine manchmal kaum ausgebildete Lage flacher, an ihrem wie leer aussehenden Kern kenntlicher Zellen geschieden, ein stark entwickeltes Horngewebe. Dasselbe besteht auf der Höhe des Tuberkels immer aus zwei compacten, durch eine lockere getrennten Schichtencompelexen. In den Furchen und kleineren Papillen der Haut ist diese Trennung nicht ausgesprochen, da alle Schichten hier lockerer und besser kenntlich sind. Die äussere compacte Hornplatte trägt in regelmässigen Abständen angeordnete, gleichförmige, als Zähnchen oder Körnchen zu bezeichnende Gebilde, die polygonalen, geradecontourirten Zellen aufsitzen (Fig. 13 *d'*). Sie scheinen allen bisherigen Untersuchern[3]) entgangen zu sein, was sich aus ihrer minutiösen Beschaffenheit an den meisten Hautstellen genügend erklärt. Ich möchte die Schicht dieser Zellen Reliefschicht nennen. Manchmal finden sie sich in der Mitte der Tuberkeln zu beträchtlichen Stacheln oder Borsten (Fig. 7) verlängert. Derartige ansehnlichere Entwickelung zeigen sie nun auch an bestimmten Körperstellen, nämlich den Fusssohlen. Dort möchte ich nun auch die Häutung erörtern, soweit meine Präparate Licht auf dieselbe werfen. Schnitte durch die Fussballenhaut zu einer

---

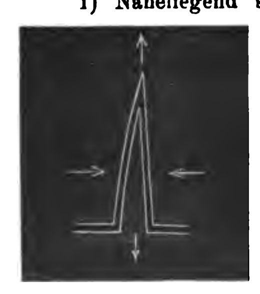
1) Leydig, Ueber d. Bedeckungen der Amph. und Rept. Archiv mikr. Anat. XII. 1876.

2) Batelli, Beiträge z. Kenntniss der Reptilienhaut ibid. XVII. 1880.

3) Ausser Brücke nenne ich: Leydig l. c. C. Kerbert, Ueber die Haut der Rept. Arch. mikr. Anat. XIII. 1877. F. Todaro, Sulla struttura intima della pelle delle rettili. Atti R. Ac. Linn. Mem. Sc. Tis. II. 1879. Batelli l. c.

Zeit, wo die zum Abwurf bestimmten Partieen schon gelöst sind, zeigen zunächst die erwähnten Schichten (Fig. 5, 6), wobei die innere compacte Hornmasse noch nicht ihre volle Ausbildung erlangt hat. Der sich bürstenartig darstellenden Reliefschicht steht die Schicht der sich ablösenden Haut gegenüber, die ich „negative Reliefschicht" nenne. Sie macht dadurch, dass sie durch kegelförmig zugespitzte Einschnitte — das negative Bild der Stacheln — getrennte Stäbchen trägt, den Eindruck eines Kammes, und man kann der Vorstellung nicht entgehen, dass jene Stacheln und diese Einschnitte zusammengehören, d. h. dass sie sich zusammen entwickelt haben möchten. Leider habe ich, um diese Vorstellung belegen zu können, ein unmittelbar vorhergehendes Stadium nicht zur Verfügung. Ich kann daher auch darüber nicht aussagen, wie die Trennungslinien zu Stande kommen, noch durch welchen Mechanismus die Lösung erfolgt[1]). Die Säulchen der negativen Reliefschicht schliessen sich an eine andere, fein granulirte Schicht, wie an ihre Matrix, an. Flächenbilder (Fig. 12) lehren, dass dieselbe aus polygonalen Zellen mit zuweilen gut wahrnehmbarem Kern besteht, die sich, besonders gegen die Furchen der Haut hin, von einander ablösen, daher ihre Grenzen in doppeltem Contur erscheinen. Die Anordnung der kegelförmigen Einschnitte, die wie regelmässige Kreise imponiren, lässt ein anderes System polygonaler Zellen erkennen. Den verschiedenen Schichten folgen nun wieder die verschiedenen Hornlagen und zu äusserst die alte Reliefschicht, deren Stacheln allerlei Detritus aufgesammelt haben. Genau den entsprechenden Bau hat nun die Abwurfshaut auch an den anderen Körperregionen, nur sind die Stacheln und ihr Gegenbild, das nur auf dem Querschnitte wie eine Stäbchenreihe erscheint, in der That als gitterartige Leiste

1) Naheliegend scheint mir die Annahme, dass durch Quellung der negativen Reliefschicht ein seitlicher Druck auf die Stacheln der eigentlichen ausgeübt werde, deren Form als Keil angesehen werden kann, und daraus eine Bewegung in der Längsrichtung des Keiles resultirt, wie nebenstehendes Schema es durch Pfeile andeutet. Vielleicht ist in der Richtung die Beobachtung zu verwerthen, dass zwischen Hautwechsel und äusserer Feuchtigkeit eine Beziehung besteht, indem erstere nicht stattfinden kann, wenn letztere fehlt. (Nach Knauer, cit. bei Hoffmann, Reptilien.)



aufgefasst werden muss, da viel minimaler ausgebildet. Fig. 13 giebt eine Vorstellung von diesem Verhalten.

Da die Substanz der beschriebenen Gitterleiste ein von den meisten Einbettungsmedien nur wenig verschiedenes Lichtbrechungsvermögen besitzt, so kann es nicht Wunder nehmen, dass nur, wenn das Präparat lufttrocken liegt, auffällige Farbenerscheinungen durch Diffraction zu Stande kommen, dann aber sind sie auch sehr prächtig. Diese Schicht entspricht den „Interferenzzellen" Brücke's. Es geht dies zu deutlich aus seiner Beschreibung[1]) hervor: „ich verschaffte mir diese Zellen noch bequemer und reichlicher (als durch Flächenschnitte) dadurch, dass ich die Epidermis in kleinen Lappen loslöste; dann bleibt immer eine Anzahl derselben an der Rückseite haften." Verfährt man nach dieser Vorschrift, indem man aber die abwurfbereite, nicht die ganze Epidermis, abhebt, so erhält man in der That diese Elemente, oft sehr ähnlich denen, die er abbildet, aber auch manchmal ganz andere Farben zeigend. Da ihm ihre Structur verborgen bleibt, so gelangt er durch die Beobachtung, dass die Farbenerscheinung bei Zusatz irgend welcher Flüssigkeiten verschwindet, zu der Annahme, es liege eine Interferenz an einer sehr dünnen Luftschicht vor, die das flache Lumen der Zellen erfülle. Interferenzerscheinungen treten übrigens im directen Sonnenlichte an den dünnen Lamellen der lockeran Hornschichten als bunte Farben auf.

III. Erklärungen und Folgerungen.

In dem vorstehenden Referate der Thatsachen habe ich alle Schlussfolgerungen und Erklärungen möglichst vermieden, um sie im Zusammenhange zu besprechen. Nun möchte ich zunächst an das Zuletztbeschriebene anknüpfend die optischen Verhältnisse, die sich aus dem Zusammenspiel der verschiedenen Chromatophoren ergeben, erörtern.

Erste Frage: wie beeinflusst die Oberhaut die Färbung der unterliegenden Theile? Ihre Antwort ist die Brücke'sche: in nur unbedeutendem Grade, wenigstens unter normalen Verhält-

1) Brücke l. c. p. 20 und Tafel, Fig. 2.

nissen. Die vorbeschriebene, einer optischen Erläuterung nicht näher bedürftige Diffractionserscheinung tritt nur im directen Sonnenlichte, wenn der Hintergrund dunkel ist, merklich zu Tage. Das betont Brücke ausdrücklich, und ihm wirft Pouchet zu Unrecht vor, dass er die Interferenz dieser Zellen eine zu grosse Rolle spielen lasse. Letzterer Autor hebt das richtige Moment hervor, dass die Epidermis durch ihre braungrau durchscheinende Beschaffenheit dann einen modificirenden Einfluss auf das Colorit der Cutis ausübt, wenn sie vor der Häutung verdickt ist; sie stumpft dann die Farben ab.

Zweite Frage: wie kommt die hellere oder dunklere Schattirung zu Stande? Die Antwort ergiebt sich aus dem geschilderten Verhalten der Melanophoren von selbst. Ihr stark lichtabsorbirendes Pigment muss, je mehr es sich vor den anderen ausbreitet, um so grössere Dunkelung bis zur fast vollständigen Schwärzung hervorbringen. Im Contractionszustande verschwindet es hinter den anderen Licht reflectirenden Chromatophoren.

Dritte Frage: wie kommt die röthliche Nuancirung der verschiedenen Tinten zu Stande? Die Antwort ist nicht minder einfach: Durch periphere Ausbreitung des Erythrophorenpigmentes, das von dem tieferher reflectirten Licht durchsetzt wird. Das findet nur bei hellen Farbentönen statt.

Vierte Frage: wie erklärt sich der mehr oder weniger gelbe Eindruck? Eine definitive Antwort kann ich aus schon erwähnten Gründen nicht geben, doch möchte ich die Vermuthung aufstellen, dass, analog dem Vorgange bei Fröschen, die Farbtröpfchen der Xanthophoren mehr oder weniger in der Fläche ausgebreitet oder zu kleineren Klümpchen zusammengeballt sein können, in letzterem Falle wenig, in ersterem stärker zur Wirkung kommen. Einen gelblichen Ton hat die helle Haut fast stets, wofür die Beantwortung der nächsten Frage zugleich die Begründung geben wird.

Fünfte Frage: wie erklärt sich die Blaubeimischung zu den Farben, also das Blaugrau, Lilagrau und Grün? Antwort: dadurch, dass die in unvollständigem Expansionszustande befindlichen Körnchenmassen der Melanophoren einen absorbirenden Hintergrund für die Ochrophoren bilden, und diese letzteren ausgesprochen die „Farben trüber Medien“ darbieten, die in auffallendem Lichte, d. h. auf absorbirendem Grund, blau sind. Damit ist die Erscheinung in die Reihe ähnlicher verwiesen, aber nicht optisch

erklärt. Da sie eine gewisse Berühmtheit dadurch erlangt hat, dass Goethe sie zur Elementarerscheinung seiner Farbenlehre erhob, bisher aber meines Wissens keine richtige Deutung gefunden hat, möchte ich etwas näher auf dieselbe, also auf die Farben trüber Medien, eingehen. Vom Standpunkte moderner Auffassung des Lichtes hat sich, soviel ich weiss, nur Brücke, wohl auch im Anschluss an unsern Gegenstand, mit ihnen beschäftigt. Es lässt sich nun Folgendes aufstellen.

Trübe Medien sind immer aus wenigstens zwei durchsichtigen, farblosen, optisch differirenden Substanzen zusammengesetzt, in der Art, dass in multipeln kleinen Raumverhältnissen Theile der einen mit solchen der anderen wechseln. Es gehört noch zur Definition, dass das Medium einen Theil des Lichtes hindurchlässt, während ein anderer reflectirt wird. Meist kann man die eine Substanz als trübende, die andere als getrübte auffassen. Wird die Schicht solcher trüben Medien bei gleichem Theilchenabstand beträchtlicher, oder wird der Theilchenabstand bei gleicher Schichtdicke geringer — d. h. kommt eine grössere Menge reflectirender Flächen zur Geltung —, so kommt eine Grenze, bei der kein Licht mehr durchgelassen, sondern alles, soweit es nicht zur Absorption kommt, diffus reflectirt wird. Es entsteht so eine weisse Farbe. Alle weissen Gegenstände (leuchtende Körper natürlich ausgeschlossen) der organischen wie unorganischen Natur verdanken einer ähnlichen Zusammensetzung aus kleinen Flächen ihr weisses Aussehen. Allen trüben Medien ist nun die Eigenschaft, jedoch in wechselndem Grade, durchaus gemeinsam, dass sie mehr kurzwellige als langwellige Lichtstrahlen reflectiren und also umgekehrt mehr lang- als kurzwellige durchtreten lassen. Deshalb erscheinen sie bei auffallendem Lichte, auf dunkelm Hintergrunde mehr oder weniger ausgesprochen blau, im durchfallenden Lichte gelb oder roth. Beispiele für diese Erscheinung finden sich in der unorganischen Natur in den atmosphärischen Farbenphänomenen genug (s. Goethe), das Blau des Himmels beruht darauf, wie das Morgen- und Abendroth. Bekannt sind aber auch Beispiele aus der Organismenwelt: das Blau der Regenbogenhaut, der Sclera mancher Personen, der durch die Haut schimmernden Venen, der verdünnten Milch. Pouchet[1]) führt ausserdem noch an: den blauen Schimmer

1) Pouchet l. c. p. 41.

freigelegten Knorpels, der Nägel bei der Leiche, der Tätowirung mit chinesischer Tusche, der Schnauze des Mandril, der Scrotalhaut anderer Affen und der nackten Hälse vieler Vögel.

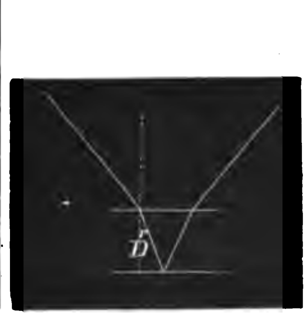
Brücke erklärt diese Figenschaft trüber Medien an mehreren Stellen seiner Schriften als durch Interferenz zu Stande kommend. Das muss ich zurückweisen. In seiner „Physiologie der Farben" 2. Aufl. 1887, p. 104 ff. definirt er genauer in allgemein verständlicher Darstellung, wie er sich die Sache vorstellt; er zeichnet dabei schematisch ein trübendes Theilchen, an dem durch Reflexion an der Vorder- und Hinterfläche die Interferenz nach Art der dünnen Schichten (Newton'sche Ringe) erfolge. Denke man sich die Theilchen vom unendlich Kleinen allmählich wachsend, so käme zuerst eine Dimension, bei der nur die kurzwelligeren Strahlen eine Verstärkung durch Interferenz erführen; diese ergäben durch Combination die blaue Farbe. In dieser Logik möchte ich zunächst fortfahren. Werden die Theilchen etwas grösser, so verstärkt die Interferenz nunmehr hauptsächlich die langwelligen, die gelben und rothen Strahlen. Die Brücke'sche Theorie fordert also, dass die Theilchen eine bestimmte Ausdehnung nicht überschreiten, wenigstens ihrer überwiegenden Hauptmasse nach. Wo ist diese Grenze? z. B. die für das blaugrüne der Fraunhofer'schen Linie F entsprechende Licht? Die Wellenlänge desselben in Luft ist im Mittel aus den ziemlich übereinstimmenden Berechnungen von sechs Autoren nach Wüllner[1]) $= 0{,}4862\,\mu$. Um diese Wegstrecke muss der von der einen Fläche des Theilchens reflectirte Strahl gegen den von der anderen kommenden verschoben sein, wenn die geforderte Verstärkung durch Interferenz eintreten soll. Die Hälfte dieser Wegstrecke kommt aber auf Rechnung der Verschiedenheit des Reflexionsvorganges beim Eintritt aus einem optisch dichteren in ein dünneres Medium von dem umgekehrten Vorgang; denn aus dieser Verschiedenheit resultirt an sich eine Verschiebung der beiden Strahlen um eine halbe Wellenlänge. Also kommt auf den Weg des Lichtstrahles im Innern des Theilchens nur die halbe Wellenlänge; der Lichtstrahl durchsetzt aber das Theilchen zweimal und zwar meist in schräger Richtung, ausserdem erleidet er in demselben eine Verlangsamung gegen den Gang in atm. Luft. Berücksichtigen wir diese Momente, so drückt sich die Dimension

1) Wüllner, Lehrb. d. Experimentalphysik, II. 2. Aufl. 1875, p. 136.

der Schicht, welche die Lichtstrahlen bei F durch Interferenz zur Verstärkung bringt, aus durch die Formel $D = \frac{\lambda_f}{4} \cdot \frac{1}{n} \cdot \cos r$, wo λ_f die schon ausgedrückte Wellenlänge von 0,4862 μ, n den Brechungscoefficienten der Substanz des Theilchens und r den Brechungswinkel bezeichnet. Beide letzteren Factoren dieses Productes sind aber in dem angenommenen Falle kleiner, höchstens gleich 1, welches auch der Einfallswinkel sein möge; die gesuchte Dicke ist daher kleiner als 0,1215 μ. Die ungeraden Vielfachen von $\frac{\lambda_f}{4}$ kommen hier natürlich auch nicht in Betracht. Nun kann man sich aber an einer ganzen Reihe trüber Medien überzeugen, dass die trübenden Theilchen alle oder der Mehrzahl nach grösser, sogar bedeutend grösser sein können, und doch die Farben auf das Deutlichste hervortreten. Beispiel: die Milch und andere Emulsionen.

Damit ist die Allgemeingültigkeit der Erklärungsweise durch Interferenz zurückgewiesen. Man könnte sie nun vielleicht noch auf bestimmte Fälle beschränkt aufrecht erhalten wollen. Daher will ich ein zweites Bedenken gegen sie nicht verschweigen, das wohl ebenso schwerwiegend ist. Die Brücke'sche Erklärung fällt mit der von ihm angenommenen Form der Partikelchen.







Sind nicht parallele oder doch wenigstens annähernd parallele Begrenzungsflächen vorhanden, so findet allgemein eine regelmässige Interferenz der Lichtstrahlen, wie sie jene Erklärung fordert, nicht statt. Die thatsächliche Grundform der trübenden Theilchen der meisten in Betracht kommenden Medien ist nicht die von Brücke angenommene, sondern die Kugel (atmosphä-

rische Trübungen, Emulsionströpfchen). Ein Blick auf vorstehende Zeichnung thut dar, dass von zusammengehörigen Lichtstrahlen $a\, a'$, für die man die Annahme gleicher Wellenphase machen darf, die Richtungen des an der Vorder- und des an der Hinterfläche reflectirten Strahles divergent sind. Und diese Verhältnisse erfahren bei noch so weit fortgesetzter Abnahme der Dimensionen keine Aenderung zu Gunsten einer Interferenz. — Die Interferenzanschauung müsste sich also auf den Fall zurückziehen, dass die Trübung durch parallelflächige, die Dicke von etwa $^1/_{10}\,\mu$ nicht überschreitende, stets nur unter spitzem Lichteinfall stehende Theilchen hervorgerufen würde — ein solches Medium wird aber wohl nie entdeckt werden.

Welches andere Prinzip könnte denn nun die gewünschte Erklärung geben? Vielleicht Beugungsinterferenz? Da sehe ich nicht ein, wie bei der regellosen Vertheilung und verschiedenen Grösse der Partikelchen eine dominirende Farbe herauskommen sollte. Oder etwa das von Pouchet[1]) herangezogene Prinzip, nach dem die Erscheinung mit der Fluorescenz verwandt sein und auf Sichtbarmachung dunkler, ultravioletter Strahlen beruhen soll? Da fehlt doch wohl jeder empirische Hintergrund; wie soll eine Emulsion zweier Medien, die beide nicht fluoresciren, diese Eigenschaft gewinnen?

Es kam mir nun wahrscheinlich und richtigen Vorstellungen über Spiegelung und Brechung des Lichtes entsprechend vor, dass von den Strahlengattungen ceteris paribus diejenigen mit grösserer Kraft zurückgeworfen werden, deren Uebergang in das neue Medium den grössten Widerstand erfährt, d. h. die am stärksten aus ihrer Richtung gelenkt werden, die kurzwelligen. Ich freue mich, dass ich diese Anschauung bei keinem andern als Brücke selbst wiederfand, der sie doch mehr nebensächlich als gegen die Interferenz zurücktretend, an einer Stelle erwähnt. Er sagt[2]): „Die grössere Schwächung der langwelligen Strahlen ist eine unmittelbare Consequenz aus der Formel, welche die Undulationstheorie für die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes giebt." Wie lautet nun diese Formel? Nach der Fresnel'schen Theorie wird der Werth der Intensität des reflectirten unpolarisirten Lichtes durch

$$^1/_2\,\frac{\sin^2(i-r)}{\sin^2(i+r)} + {^1/_2}\,\frac{\operatorname{tang}^2(i-r)}{\operatorname{tang}^2(i+r)}$$ ausgedrückt,

1) Pouchet l. c. p. 41.

2) Brücke, Vorlesungen über Physiologie. 2. Aufl. 1875. I. p. 456.

wenn i den Einfalls-, r den Brechungswinkel bezeichnet[1]). Aus dieser Formel ist folgender Schluss zu ziehen. Für die verschieden brechbaren Strahlen eines bestimmten Lichtbündels ist der Einfallswinkel i derselbe, dagegen ist r verschieden. Nimmt der Werth von r ab, was ja bei den blau-violetten Strahlen gegenüber den roth-gelben der Fall ist, so erfahren die Zähler beider Summanden einen bedeutenderen Zuwachs als ihre Nenner, die sogar in gewissen Grenzen, wenn nämlich $i+r<90^0$ ist, abnehmen, daher nimmt der Werth der Formel zu. Das heisst: die stärker brechbaren Strahlen werden bei der Reflexion in stärkerer Intensität zurückgeworfen als die schwächer brechbaren. Warum aber erscheint uns nicht bei jeder einfachen Spiegelung das reflectirte Licht blaugefärbt? In diesem Falle ist das Plus an blau-violetten Strahlen gegenüber der Masse des Lichtes zu gering, um zur Wahrnehmung zu gelangen. Anders bei den trüben Medien. Hier spielt der Vorgang sich multipel ab, die meisten austretenden Lichtbündel haben mehrfache Reflexionen erlitten, bei deren jeder die Intensität der kurzwelligen Strahlen gegenüber den anderen erhöht wird. Eine entsprechende Umkehrung des Entwickelten führt dazu, dass im durchtretenden Lichte die schwächer brechbaren Strahlen das Uebergewicht besitzen, dasselbe also gelb oder röthlich aussieht. Denn die Intensität des zur Brechung gelangenden Antheils einer Lichtmenge ist — die Absorption bleibt dabei als im vorliegenden Falle gering und für alle Strahlen gleich unberücksichtigt — gleich der Einheit vermindert um den reflectirten Antheil. Ohne Schwierigkeit erklärt es sich weiter, warum eine dichtere Masse des trüben Mediums nicht auch blau sondern reinweiss erscheint. Es hat dies seinen Grund darin, dass das von den tieferen Schichten reflectirte Licht die oberflächlicheren durchsetzen muss, um ins Auge des Beschauers zu gelangen, und dadurch wieder, um mich dieses Ausdrucks zu bedienen, an langwelligeren Strahlen angereichert wird — den Effect des Blau zu Weiss paralysirend. Mit anderen Worten: es überwiegen eben nicht mehr die Reflexionen über die Refractionen. Eine solche Masse lässt eben fast kein Licht mehr hindurch, alle Strahlen jeder Brechbarkeit kehren zurück.

Für das Verständniss der verschiedenen Farbenschönheit des Blau ergeben sich aus dieser Erklärung, die natürlich nicht den

1) Wüllner l. c. p. 458.

Anspruch einer physikalisch sicher bewiesenen erheben kann, schon naheliegend einige Gesichtspunkte. Je mehr sich für die trübende Substanz der Brechungswinkel der blau-violetten Strahlen von dem der rothen unterscheidet, d. h. je grösser das Dispersionsvermögen derselben ist, um so lebhafter wird unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen die Farbenerscheinung sein. Je weniger Reflexionen ferner erforderlich sind, um viel Licht zurückzuwerfen, um so schwächer wird die Farbe hervortreten, denn dann ist bald der weisse Eindruck da: so bei stark lichtbrechenden, also auch stark reflectirenden Theilchen, die in schwach lichtbrechendem Medium suspendirt sind. Dabei kommt auch die totale Reflexion zur Geltung. Natürlich wird es auch auf die Form der Theilchen, die Hauptrichtungen ihrer Längsaxen, ihren Abstand und andere Momente mehr ankommen.

In den schwach granulösen Schollen der Ochrophorenschicht nun haben wir offenbar eine Multiplicität reflectirender Partikelchen, die von nicht grosser optischer Verschiedenheit gegen die Grundsubstanz sind. Anders liegt die Sache bei der Leucophorenschicht. Ihre Körnchen sind überaus stark lichtbrechend, schon in dünner Schicht werfen sie durch wenige aber intensive Spiegelungen eine grosse Lichtmenge zurück und erscheinen weiss. Nur ausserordentlich minimale Portionen geben ein schwach violett nuancirtes Weiss und erscheinen bei durchfallender Beleuchtung bräunlich. Aus diesem Verhalten ist zu schliessen, dass zum Zustandekommen der Blaubeimischung das dunkle Pigment die äussere Begrenzung der Leucophorenmasse überschritten haben muss. Alles Uebrige ist plausibel: dass, wenn das gelbe Pigment der Xanthophoren in volle Wirksamkeit tritt, aus der blauen Reflexions- und der gelben Absorptionsfarbe ein zuweilen recht lebhaftes Grün entsteht, gerade so wie es auf der Palette des Malers geschieht[1]; und dass, wenn die Körnchen der Erythrophoren sich in vorderer Reihe befinden, ein Lila herauskommt.

Indem ich mich nun zur Mechanik des Chromatophorenspiels wende, lasse ich die der gelben ausser Acht, da sich darüber nichts als haltlose Vermuthungen aufstellen liessen. Uns interessirt vor allem die Mechanik der Melanophorenveränderungen. Es ist nun

1) Die Theorie verlangt bekanntlich aus Blau und Gelb das Entstehen von Weiss, die Praxis lehrt es anders.

nach der histologischen Untersuchung kein Zweifel, dass die Veränderungen in einer Verschiebung der Körnchen innerhalb des Protoplasma der Zellen bestehen. Für diese Verschiebung müssen wir Kräfte annehmen, die einmal basipetal, d. h. dem Körper der Zelle zu gerichtet und die zweitens acropetal, den Enden der Ausläufer zustrebend, sind. Die nach bekannten Analogieen im Thierreiche möglichen Vorstellungen sind nun die, dass entweder zwei antagonistisch wirkende active Kräfte, repräsentirt durch contractile Elemente resp. Systeme solcher, oder eine active und eine passive, nämlich elastische, vorhanden sind. Beiden Vorstellungen gemeinsam ist also die eine active Kraft, und von allen Beobachtern constatirt ist erstens, dass sie basipetal ist, zweitens, dass sie vom Nervensystem abhängt, und drittens, dass sie von diesem aus eine beständige Erregung empfängt, dass ein Tonus besteht. Das folgt unmittelbar aus dem Erfolge der Durchschneidung eines Nerven und dem entgegengesetzten seiner Reizung, sowie aus der Strychninwirkung. Aus der Schwärzung der hinteren Körperparthie nach Rückenmarksdurchschneidung hat man den Schluss gezogen, dass in demselben Centra für die Chromatophorennerven gelegen seien — man könnte aber danach auch die Vorstellung zulassen, dass in ihm nur die Bahnen von höheren Centren bis zu ihrem Austritt ins periphere Nervensystem verlaufen. Anders, wenn die von Bert behauptete Reizwirkung sensibler Nerven nach Rückenmarkdurchtrennung sich allgemein bewahrheiten sollte. Alsdann scheint mir jener Schluss unanfechtbar. Dass nach Abtrennung der Medulla oblongata die Haut schwarz wird, führt zur der Folgerung, dass der erwähnte Tonus vom Cerebrum ausgeht, wo auch die gewöhnlichen Veränderungen dieses Tonus ihren Sitz haben dürften, namentlich der beobachtete Effekt tactiler Erregungen. Weiteres über die Innervation dieses Apparates möchte ich aus den unsichern Ergebnissen der Augen-, Hemisphären- etc. Exstirpationen nicht geschlossen wissen.

Bei der Beurtheilung der obengenannten Möglichkeiten war vor allem die Lichtwirkung der Erklärung schwer zugänglich, und sie bildete daher den Angelpunkt der Erörterung bei Brücke. Seine Entwickelung der hier maassgebenden Gesichtspunkte ist wahrhaft klassisch. Da der electrische Strom den Contractionszustand des Pigmentes als den Reizzustand erweise, Nichtbeleuchtung aber denselben zur Folge habe, so erhebe sich die Frage, ob denn

ein negatives Moment wie Abwesenheit von Licht als Reiz wirken könne. Diese Frage sei nicht a priori zu verneinen. Man brauche zu ihrer Bejahung nur die naheliegende Annahme zu machen, dass ein gewisses Maass von Helligkeit beim Chamaeleon zu den natürlichen Bedingungen reizlosen Wohlbefindens gehöre; ein Mindermaass werde sich dann ähnlich als erregend bemerkbar machen können, wie Temperaturherabsetzung unsre Hautnerven bis zu Schmerzempfindungen und Reflexbewegungen errege[1]). Eine andere denkbare Annahme sei die, dass das Licht der wirkende Reiz sei, seine Wirkung aber in einer Hemmung der Contractionserregung bestehe — eine Annahme, die zwar nicht ohne Analogie dastehe, aber doch der Vorstellung schwer zugänglich sei. Heutzutage sind wir mit einer solchen Vorstellung vertrauter, wo derartige Hemmungswirkungen in grösserem Umfange bekannt sind. Man sieht, die beiden Brücke'schen Möglichkeiten beruhen auf der Voraussetzung eines activen und eines passiven Zustandes der Chromatophoren. „Eine dritte Annahme, sagt er nun weiter[2]), welche uns den Schwierigkeiten der beiden bisher discutirten zu entziehen' verspricht, würde darin bestehen, dass man beide Zustände als activ betrachtet und von zwei antagonistisch wirkenden contractilen Elementen ableitet, von denen das, welches den hellen Zustand hervorbringt, an Kraft überwiegt, aber von den Empfindungsnerven aus nicht, wie das, welches den dunklen Zustand bedingt, reflectorisch erregt werden kann." Das wird durch den Hinweis auf den Mechanismus der Iris erläutert.

Die erste Anschauungsweise, die nur einen activen Zustand kennt, wird von Krukenberg vertreten — allerdings mit dem unhaltbaren Zusatz, dass die Contraction durch circuläre Muskelfasern, ein „rete musculare chromatophorum" erfolge. Sehen wir von diesem Zusatz ab, so lässt sich diese Anschauung mit den meisten thatsächlichen Befunden in Einklang bringen. Man müsste dann die Lichtwirkung so auffassen, dass sie auf reflectorischem Wege die Centren der coloratorischen Innervation in hemmendem Sinne beeinflusst. Die Chloroformwirkung wäre auf eine Ausschaltung

1) Ob dieser Vergleich stichhaltig ist, erscheint mir fraglich. Nicht die Kälte, als Zustand aufgefasst, wirkt auf unsere kälteempfindenden Nerven, sondern die gesteigerte Wärmeabgabe, gewissermaassen ein verstärkter aussteigender Temperaturstrom, bildet das reizende Agens.

2) Brücke l. c. p. 29.

des ganzen innervirenden Apparates, die Aetherwirkung nur auf eine solche des Hemmungsvorganges zu beziehen — eine Differenz, der immerhin etwas Gezwungenes anhaftet. Nicht besonders gut scheint mir diese Anschauung die variabeln Färbungserscheinungen post mortem zu erklären. Es ist nicht einzusehen, aus welchem Grunde nicht immer nach Beendigung der Agone oder doch nach Aufhören der Innervation des todten Thieres absolute Schwarzfärbung entsteht.

Bert stellt sich auf den entgegengestzten Standpunkt, auf den der dritten Brücke'schen Möglichkeit, dass zwei antagonistische contractile Kräfte vorhanden wären; für jede der beiden nimmt er eine besondere Nervengattung an und findet den Vergleich derselben mit den Constrictoren und Dilatatoren der Gefässe bis ins Einzelnste durchführbar. In dieser Auffassung liegen zwei Annahmen: erstens die der antagonistischen activen Factoren, und zweitens die der antagonistischen Innervation.

Stellen wir uns einen Augenblick mit Bert auf den Standpunkt beider Annahmen, zu dem sich auch Brücke am meisten hingezogen gefühlt zu haben scheint, so gestehe ich, dass er viel Bestechendes hat. Beim mikroskopischen Bilde der Melanophoren in verschiedenen Zuständen der Pigmentvertheilung kann man sich oft schwer dem Eindruck entziehen, dass ein Streit gegensinniger Kräfte, von denen bald die eine, bald die andere die Oberhand gewinnt, sich da verkörpere. Um den Erfolg der electrischen und chemischen Reizung zu erklären, hätte man nur die Hülfsannahme nöthig, dass die basipetale Kraft bei gleichzeitiger Erregung die Oberhand behielte; um die Schwärzung nach Nervendurchschneidung verständlich zu machen, müsste die neue Annahme herhalten, dass die den Vasodilatatoren entsprechenden Nerven einen anderen Weg, nämlich mit den Gefässen, nähmen. Gezwungener müsste die allgemeine Chloroformwirkung in das Bild eingefügt werden, dies Mittel dürfte nur die eine Nervengattung oder ihre zugehörigen Centren lähmen. Die locale Wirkung desselben wäre aber ohne Zwang nicht wohl zu deuten; warum sollte nur das eine contractile System oder seine Innervation gelähmt werden?

Wie aber steht die Sache, wenn wir nur den einen Theil dieser Anschauung, nämlich die doppelte Innervation, fallen lassen? Was für sie sprach, würde auch für die neue Anschauung ins Feld zu führen sein, die Schwierigkeiten dagegen würden zurück-

treten. Für die acropetal wirkenden Elemente wäre eine in dem nie fehlenden Erregungszustande der Zelle begründete Art von Tonus anzunehmen, vermöge dessen sie in Kraft treten, wo ihre Antagonisten durch Trennung vom Nerven oder durch Chloroform ausser Thätigkeit gesetzt werden. Das Licht würde nicht auf dem Wege des Reflexes hemmend, sondern direkt erregend wirken. Das Einzige, was die bisherigen Forscher zu der Annahme einer Reflexvermittelung der Lichtwirkung geführt hat, war die Erfahrung, dass dieselbe nach Nerven- und Rückenmarksdurchschneidung in Wegfall kommt. Da sich aber durch diese Eingriffe eine maximale Pigmentansammlung im Sinne der Lichtwirkung ausbildet, kann die letztere gar nicht mehr zur Bethätigung kommen, resp. eine eventuelle Wirkung muss dem Beobachter entgehen. Daher sehe ich nichts, was zu der Annahme eines indirecten Vorganges zwänge; denn es muss doch schon ein ziemlich starker Zwang sein, der dazu führte; schliesst doch diese Annahme das ziemlich ungewöhnliche Postulat licht-aufnehmender Apparate in Verbindung mit lichtleitenden Nervenfasern auf allen Regionen der Haut in sich. Für die directe Lichtempfindlichkeit der Melanophoren dagegen haben wir zahlreiche Analogieen. Beim Frosch hat Steinach[1]) dieselbe durch Auflegen von Schablonen auf die von allen Nervenverbindungen getrennte Haut nachgewiesen. Derselbe constatirte den directen contrahirenden Einfluss des Lichtes auf die pigmentirten Muskelfasern des Sphincter iridis bei Fischen und Amphibien[2]). In etwas weitere Parallele treten diese Erscheinungen wohl auch zu dem Stellungswechsel der Chlorophyllkörper, der in den Zellen von Thallophyten und Cormophyten von Frank, Borodin, ganz besonders aber von Stahl[3]) untersucht worden ist, ebenfalls vom Lichte abhängig. Diese Parallele kann insofern noch weitergeführt werden, als auch hier die stärker brechbaren Strahlen des Lichtes, besonders im Blau, die maassgebenden sind[4]). Wie hier die Erscheinungen unter den Begriff des Heliotropismus gestellt werden, so können wir

---

1) Steinach, Ueber Farbenwechsel bei niederen Wirbelthieren. Centralbl. f. Physiol. 1891. Heft 12.

2) Derselbe, Anat. Anzeiger. Verh. d. V. Versamml. 1891, p. 270—72.

3) Stahl, Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke d. Beleuchtung. Bot. Ztg. 1880.

4) Sachs. Vorles. über Pflanzenphys. 1887. p. 647.

die unsrigen auch darunter subsumiren und sie damit zu noch weiteren in Analogie setzen — ohne dass ich glaubte, dadurch für ihr Verständniss viel gewonnen zu haben. Direct für die directe Lichtwirkung beweisende Experimente habe ich nicht aufzuzeigen, doch möchte ich darauf hinweisen, dass schon die so ausserordentlich strenge lokale Begrenzung bei auch nur geringen Helligkeitsunterschieden sehr dafür spricht. Ausserdem lassen sich in diesem Sinne wohl die Leichenerscheinungen verwerthen, die, wie wir uns erinnern, ausserordentlich wechselnde und unregelmässige Bilder darbieten, offenbar, je nachdem die Erregungsfähigkeit der Zelle eher erlischt als der Nerveneinfluss oder umgekehrt.

IV. Anhang. Ueber die Färbung von Calotes jubatus und Lacerten.

Bereits im I. Theile des Vorliegenden wurde der Farbenabhängigkeit vom Lichte bei einigen andern Reptilien gedacht, die dem Sinne nach der des Chamaeleons entgegengesetzt ist: nämlich bei Stellio caucasicus, Lacerten und Phrynosoma orbiculare. Seydlitz[1]) nennt nun noch weiter nach zerstreuten Angaben in der Literatur, besonders bei Leydig, als farbenveränderliche Reptilien: Agama, Polychrus, Anolis, Draco und Calotes unter den Sauriern, Dryinus oxytelus und Herpetodryas-Arten unter den Ophidiern; man kann nur mit ihm bedauern, dass nähere Angaben über die Ursachen und den Ablauf des Farbenwechsels bei diesen Thieren fehlen.

Von Calotes jubatus auf Java, dort Londot genannt, verdanke ich mündlicher Mittheilung des Herrn Prof. Semon die Gewissheit, dass diese Baumagamide einen sehr auffallenden Farbenwechsel darbietet, über dessen Bedingungen derselbe allerdings auch nicht Versuche angestellt hat. Er stellte mir aber sein mitgebrachtes Material in liebenswürdiger Weise zur Verfügung, so dass ich sowohl die Haut des erwachsenen Thieres als auch die eines noch vor dem Ausschlüpfen stehenden Embryo der histologischen Untersuchung unterziehen konnte.

So wenig auch die anatomische Erscheinungsweise der Haut von Calotes mit der des Chamaeleons übereinstimmt, so auffallende

1) Seydlitz l. c. p. 30.

Analogieen zeigen doch die Farbenträger in ihrem Verhalten. Was die erstere anbelangt, so ist die Cutis hier bedeutend weniger mächtig entfaltet, und die rundlichen Höcker sind in flache, rhombische, einander dachziegelartig überlagernde Schuppen umgebildet, die eine Aussen- oder Oberseite von einer Innen- oder Unterseite auch durch wesentlich abweichenden Bau unterscheiden lassen. Nur an jener finden sich die verschiedenen Chromatophoren, an dieser kommen nur hie und da einmal rudimentäre, augenscheinlich zurückgebildete Häufchen von ihnen vor. Bei viel regelmässigerer Anordnung lassen sich leicht die den Chromatophorenschichten des Chamaeleons entsprechenden nachweisen mit Ausnahme der Erythrophoren und der Leucophoren, die bei Calotes, und — füge ich gleich hinzu — auch bei Lacerten, gänzlich fehlen. Die Melanophoren sind dicht unter dem Ochrophorenbande und in ziemlich gleichem Niveau in nach Hautstellen verschiedenen Abständen vertheilt. Im Jugendzustande ist ihr Körper auf dem Querschnitte der Haut kreisförmig oder elliptisch, beim erwachsenen Thier flacher, spindelförmig; das Flächenbild erweist sie als sternförmig, mit Ausläufern, die nur eine kurze Strecke in der Ebene des Zellkörpers liegen, in der Hauptsache vielmehr, ganz wie wir es beim Chamaeleon kennen gelernt haben, die äusseren Cutisschicht durchsetzen und sich unter der Epidermis ausbreiten. Nach der Vertheilung des Pigmentes, das wieder aus kleinen braunen, doch weniger dunkeln Körnchen besteht, zeigen die Melanophoren auch hier zwei durch Uebergänge verbundene Erscheinungsformen ausgeprägt: in dem einen Extrem ist das Pigment ganz im Körper der Zelle zusammengeballt, hier nur den meist deutlichen Kern und eine centrale kleinere Stelle freilassend, sind die Ausläufer ganz durchsichtig und treten nur bei HCl-Behandlung hervor — im andern Extrem erfüllt das Pigment die peripherischen Theile der Ausläufer am dichtesten und bildet unter der Oberhaut einen braunen Schirm, während der Körper fast leer von Pigment ist. In diesem Stadium ist es leicht, durch Färbemethoden den Kern und die Gegend der Attractionssphäre nachzuweisen; in letzterer ist manchmal ein stärker lichtbrechendes und stärker färbbares Korn mit Wahrscheinlichkeit als Centrosom anzusprechen, zumal wenn Radiärfasern von ihm ausgehen.

Die Ochrophoren sind in einer ziemlich geradlinig begrenzten, mehrere Zelllagen dicken Schicht geordnet; ihre Elemente

füllt ein den Kern umschliessendes und ringsum in mehrere Lappen auslaufendes Gebilde fast ganz an, welches offenbar den beim Chamaeleon beschriebenen Schollen in verschmolzener Form entspricht.

Ueber diesen Elementen und unter der Epidermis finde ich eine einfache, zusammenhängende Zellenlage, die an dem mir zu Gebote stehenden Alcoholmaterial farblos ist. Die Analogie mit den durchaus ähnlich gestalteten Verhältnissen bei Lacerten ist zu deutlich, als dass man nicht die Berechtigung haben sollte, diesen Zellen in vivo einen diffusen gelben, im Alcohol verschwindenden Farbstoff zu vindiciren und sie demgemäss als Xanthophoren zu bezeichnen. Zudem wechselt die Haut des Thieres zweifellos im lebenden Zustande zwischen einer grünen und einer dunkelbraunen Farbe, wie die der Alcoholexemplare die Nüancen zwischen Hellblau und Dunkelbraun zeigt; übrigens boten die in Pikrinsäure fixirten Embryonen stellenweise eine schön grüne Farbe dar, ganz einer Bemerkung Pouchet's entsprechend, indem die künstliche Gelbfärbung durch die Pikrinsäure an Stelle des natürlichen Xanthophorenpigmentes tritt. Ohne Weiteres leuchtet nach dem Gesagten ein, dass die optische Funktion der genannten Elemente die gleiche ist wie die der entsprechenden beim Chamaeleon, und dass an der Veränderung der Farben hier einzig das Spiel der Melanophoren betheiligt ist.

Gleich hier möchte ich den Bau der Cutis bei den untersuchten Lacerten anschliessen, da, wie erwähnt, die Uebereinstimmung mit den Verhältnissen bei Calotes eine weitgehende ist. Dabei will ich die Bemerkung vorausschicken, dass die Hauptpunkte dieses Baues bereits von Pouchet[1]) treffend festgestellt sind. Die Metamorphose der halbkugelig vorspringenden Hauthöcker in die flach ausgedehnten Schuppen ist hier, wo beide Bildungen nebeneinander bestehen, augenfällig. Da mir von Lacerta viridis lebende Exemplare zur Verfügung waren, konnte ich daran auch die Xanthophoren als dicht unter der Epidermis in einfacher Lage von sehr verschiedener Breite liegende, körnige Zellen mit anscheinend diffusem hellgelbem Farbstoff, der manchmal, wohl durch das Untersuchungsmedium veranlasst, die Zellen in Töpfchenform verlässt, constatiren. Es wurde mir dabei auch klar, dass diese Cutisschicht gemeint ist, wenn Brücke von der Lacerta

1) Pouchet l. c. p. 59. 60.

viridis sagt[1]): „die Epidermis selbst ist mit weingelber Farbe durchscheinend und verwandelt somit das Blau oder Blaugrün in die schöne grasgrüne Farbe, mit welcher das Thier geziert ist." Eine feinere histologische Untersuchung der Xanthophoren auf ihren Inhalt ist mir nicht gelungen, weil mit den Einbettungsverfahren das gelbe Pigment verloren geht. Die Haut nimmt natürlich dadurch eine blaue Farbe an.

Die Ochrophoren zeichnen sich gegenüber denen des Calotes, mit denen sie sonst die grösste Aehnlichkeit haben, durch stärker ausgeprägte Lappung und Ausbreitung in der Fläche aus; der Verticalschnitt trifft oft genug die lappigen Fortsätze und erweckt den Eindruck von Körnern. Diese Schicht ist bei meinen Exemplaren von Lac. vir. an unmittelbar benachbarten Schuppen sehr verschieden mächtig vertreten, je nachdem dieselben makroskopisch hellgrün oder dunkel erschienen. Viel gleichmässiger ist sie bei Lacerta muralis var. faraglionensis entwickelt, von der mir durch Herrn Prof. Semon's Güte ein Spiritusexemplar zugänglich war, das ganz dunkelblau aussah; hier habe ich die Zerstörung des Xanthopigmentes sehr bedauert.

Die Melanophoren der Lacerten führen ein sehr dunkles und gegen Bleichmittel sehr widerstandsfähiges Melanin. Ihre Form ist recht unregelmässig, gleicht aber mit der senkrecht zur Oberfläche orientirten Längsachse der von Chamaeleon. Da sich auch, wo das Pigment retrahirt ist, constante, hyaline, spitzwinkelig zur Peripherie verzweigte Ausläufer finden, so legt das mikroskopische Bild die Möglichkeit eines dem der anderen beschriebenen Reptilien ähnlichen Earbenwechsels nahe — eine Möglichkeit, die durch deutlich wahrnehmbare Nervenverbindungen mit den Melanophoren zur Wahrscheinlichkeit wird. Dem kommen aber meine physiologischen Erfahrungen nicht entgegen. Mit dem Reizmittel anhaltender starker Wechselströme konnte ich ebensowenig eine Aenderung der Farbe erzielen wie mit dem beim Chamaeleon so eclatanten Chloroform in localer Anwendung. Vom Licht sah ich ebenfalls keinen Einfluss, doch kann ich es nicht für unmöglich erklären, dass eine länger andauernde Einwirkung der Sommersonne doch eine erkennbare Veränderung hervorrufen könnte.

Ergänzend zu dem im physiologischen Theile erwähnten

1) Brücke l. c. p. 23.

Farbenwechsel von Stellio caucasicus will ich hier noch anführen, dass die Histologie der Haut dieses Thieres nach Filippi im Ganzen ähnliche Verhältnisse, wie sie Brücke bei Chamaeleon beschreibt, ergeben hat. Fillippi's Meinung jedoch, dass der Inhalt der schwarzen Zellen durch erhöhten Blutandrang in durch Bindegewebe abgeschlossene Räume der Haut passiv acropetal herausgepresst werde, ist per analogiam sehr unwahrscheinlich. Auch dürfte es wohl gelingen, das „gelbweisse Pigment" in verschiedenwerthige Schichten aufzulösen.

Es wäre nun noch einiges von der Structur der Oberhaut bei Calotes jubatus und den Lacerten zu sagen. Da diese Structur, anatomisch betrachtet, recht complicirte und von der bei der Chamaeleonepidermis kennen gelernten abweichende Befunde darbietet, will ich mich an diesem Orte nur auf wenige, die hier behandelte Frage angehende Bemerkungen beschränken. Der Einfluss auf die Färbung der Haut ist bei den untersuchten Vertretern beider Gattungen ein sehr geringer. Beim Calotes finde ich nur in einem der Häutung vorangehenden Zustande starker Wucherung der Epidermis diese als bräunlichgraue Auflagerung die Hautfarbe z. T. verdeckend, z. T. ihrem blauen Farbenton eine Schattirung ins Schmutziggrüne gebend. Für Diffractionserscheinungen fehlt hier die anatomische Grundlage; eine deutliche Sculptur der Hornschicht, nach Leydig[1]) als Cuticularrelief zu bezeichnen, ist in den Dimensionen zu gross. Anders bei Lacerta; hier ist ein derartiges Relief in Form feiner, sehr dicht stehender, zugeschärfter Leistchen im Flächenbilde in der Form langgestreckter Zellen erscheinend, vorhanden, und dementsprechend sind im directen Sonnenlicht an dunkeln Hautstellen „metallische" Beugungsfarben wahrzunehmen. Bei Lacerta viridis führt auch die Epidermis, wie Leydig[2]) für Lac. vivipara angiebt, schwarze Pigmentzellen, die sich im Rete Malpighii verästeln und deren Reste sich im Stratum corneum als auf dem Querschnitt streifenförmige Ansammlungen von Pigment darstellen. Die letzteren finden sich in stärkerem Maasse nur an Hautstellen, die an und für sich schon dunkel

1) Leydig, Ueber die Bedeckungen der Amph. u. Rept. Arch. f. mikr. Anat. XII. 76.

2) Leydig, Ueber Org. eines sechsten Sinnes. Nov. act. Ac. Car., Leop. XXXIV. 1868.

sind; jene Chromatophoren in der Schleimschicht sind nicht dicht genug gereiht, um einen mehr als schwach modificirenden Einfluss auf die Färbung der Cutis auszüben zu können. Daher kann auch ihre von Leydig beobachtete Gestaltveränderung nur von einer unbedeutenden Schattirungsänderung der Hautfarbe begleitet sein.

Zum Schlusse spreche ich Herrn Prof. Dr. W. Biedermann für die vielfache liebenswürdige Unterstützung bei der vorliegenden Arbeit aufrichtigen, verehrungsvollen Dank aus.

Erklärung der Figuren auf Tafel IV.

Fig. 1. Verticalschnitt eines schwarzen Hauthöckers von Chamaeleo vulg. Zeiss C. Oc. 4.

Fig. 2. Verticalschnitt eines gelblich-weissen Hauthöckers. Zeiss C. Oc. 4.

Fig. 3. Aeussere Schichten desselben. Zeiss $^1/_{12}$ Imm. Oc. 4.

Fig. 4. Querschnitt der Ochrophorenschicht. Zeiss D. Oc. 4.

Fig. 5. Verticalschnitt der sich ablösenden und der neuen Oberhaut vom Fussballen. Zeiss D. Oc. 2.

a. Stratum mucosum.
b. neues, b'. altes } Str. corneum.
d. neue, d'. alte } Reliefschicht.
e. negative Reliefschicht.
f. Basalschicht derselben.

Fig. 6. Dasselbe nach Saffraninfärbung. Zeiss $^1/_{12}$ Imm. Oc. 4.

Fig. 7. Mitte eines Hauthöckers von jungem Exemplar. Zeiss D. Oc. 4.

Fig. 8. Melanophore nach Chlor-Behandlung und Färbung. Zeiss $^1/_{12}$ Imm. Oc. 4.

Fig. 9. Verticalschnitt eines grauen Hauthöckers nach Behandlung mit Salzsäure (die äusseren Hornschichten weggelassen). Zeiss C. Oc. 2.

Fig. 10. Dasselbs im äusseren Theile. Zeiss $^1/_{12}$ Imm. Oc. 4.

Fig. 11. Verticalschnitt eines weissen Höckers bei auffallendem Lichte. Zeiss A. Oc. 4.

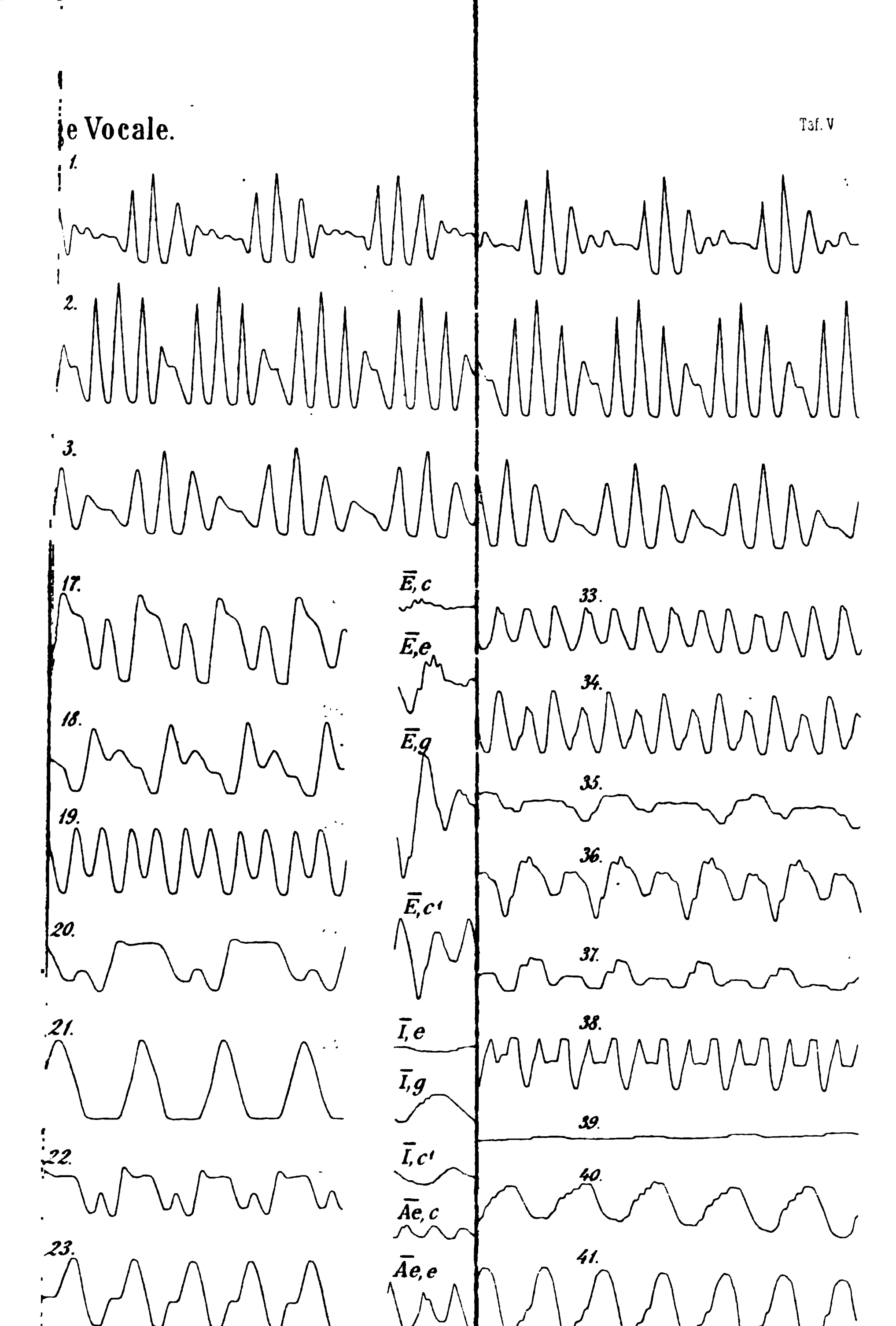
Fig. 12. Schichte e und f der Fig. 5 in Flächenansicht.

Fig. 13. Abwurfshaut von der Körperseite im Verticalschnitt. Buchstaben wie Fig. 5. d' und f die betr. Schichten in Flächenansicht. Zeiss D. Oc. 2.

---

e Vocale.

Taf. V



Verlag v. Emil Strauss Bonn

(Aus dem physiologischen Institut zu Königsberg i. Pr.)

Weitere Untersuchungen über das Wesen der Vocale.

(Unter Mitwirkung des Herrn H. Hirschfeld.)

Von

L. Hermann.

(Hierzu Tafel V und VI.)

1. Vorbemerkung und Methodisches.

Die fortschreitende Vervollkommnung meines Verfahrens, die Eindrücke des Edison'schen Phonographen auf photographischem Wege in Curven umzusetzen, liess es wünschenswerth erscheinen, die Curven der 9 Hauptvocale in möglichst vollkommener Form zu gewinnen, um sie durch treue Reproduction jedem, der sich für den Gegenstand interessirt und selbstständig Messungen zu machen wünscht, zugänglich zu machen. Ausserdem lag mir daran, auch von den kurzen Vocalen (wie in *Ann*, *Enn*), welche ich bisher nur gelegentlich berührt habe[1]), vollständige Analysen zu gewinnen.

Ich habe daher in den letzten Monaten eine grössere Anzahl Blätter ausschliesslich für diesen Zweck angefertigt. Erfahrungsgemäss sind sehr grosse Curven für genaue Ausmessung weniger bequem, als solche, deren Messung auf dem von mir beschriebenen Wege[2]) unter dem Microscop micrometrisch erfolgen kann. Der vor einigen Jahren von R. Fuess in Steglitz bei Berlin für das Institut angefertigte vorzügliche micrometrische Messtisch gestattet ohne Hilfslinien Curven zu messen, deren Abscissenlänge nicht über 36 mm, und deren Ordinatenlängen nicht über 16 mm gehen; grössere

1) Dies Archiv Bd. 58. S. 260.

2) Dies Archiv Bd. 47. S. 46. Ueber Ausmessung grösserer Curven s, Bd. 58. S. 265.

Dimensionen können noch gemessen werden, wenn eine mit einer feinen Nadel auf das Papier eingekratzte Hilfsaxe und nöthigenfalls auch eine Hilfsordinate benutzt wird. Der Objecttisch besitzt eine Micrometerschraube, deren Knopftheilung Vierhundertstel mm direct abzulesen gestattet. Diese Schraube wird benutzt, um die Periodenlänge zu messen und die Curve, welche zwischen 2 Glasplatten befestigt ist, genau um Vierzigstel der Periodenlänge zu verschieben. In derselben Richtung wirkt auch eine Triebbewegung verschiebend, deren Theilung mit Nonius Zehntel mm abzulesen erlaubt. Diese Bewegung dient zur Ergänzung der Weglänge der Schraubenbewegung. Die Ordinatenmessung erfolgt mittels einer zur Axenrichtung senkrechten Triebbewegung, deren Theilung und Nonius auf Zehntel mm genau ist. Die Messungen erfolgen mit einem Fadenkreuz.

Das Institut besitzt zwei Accumulatoren, der eine von 6, der andere von 30 Elementen, beide im Souterrain aufgestellt, und durch ein 3-Leiter-System unabhängig von einander in den verschiedenen Institutsräumen benutzbar. Der kleinere Accumulator dient zur Bewegung des Phonographen beim Abdrehen, Besingen und Abhören, der grössere zum Betrieb der Bogenlampe für die Curvenaufnahmen. Bei den letzteren wird der Phonograph mittels eines Eichens'schen Uhrwerkes äusserst langsam gedreht, mit einer Geschwindigkeit, welche nur $^1/_{800}$ bis $^1/_{450}$ der zum Besingen verwendeten ist.

Zur Ueberführung der Eindrücke in Bewegungen des photographirenden Lichtstrahls steht eine stärkere und eine schwächere Hebelvergrösserung zur Verfügung, die erstere mit 3, die letztere mit nur 2 Hebelaxen. Die beiden, allmählich sehr verbesserten Apparate sind schon früher schematisch abgebildet, der erstere Bd. 58. Tafel II. Fig. 1, der zweite Bd. 55. Tafel I. Fig. 5 und 6. Für Vocalcurven von zur microscopischen Messung bequemen Dimensionen wird stets der letztere Apparat benutzt. Ein anderes Mittel zur Beherrschung der Ordinatenhöhen ist die Länge des reflectirten Lichtstrahls, d. h. der Abstand des Spaltbildes vom Spiegelchen. Diese Länge, und mit ihr die Ordinatengrösse, ist um so geringer: 1. je weiter der an der electrischen Lampe angebrachte beleuchtete Spalt vom Phonographen entfernt ist, 2. je stärker die vor dem Spiegelapparat angebrachte Convexlinse (1 bis $1^1/_2$ Dioptrien).

Die Periodenlängen der Curven sind bei gegebener Tonhöhe um so grösser: 1. je langsamer die Reproductivdrehung des Phonographencylinders im Verhältniss zur Drehung beim Besingen, 2. je schneller die Drehung des Baltzar'schen Cylinders, auf dem das Bromsilberpapier befestigt ist.

Aus vorstehenden Bemerkungen ergeben sich die Mittel, welche zur Verfügung stehen, um Curven von gewünschten Dimensionen zu erhalten.

Für die Vocalcurven der neuen Serie wurde auf selbstthätige Axenverschiebung des Baltzar'schen Cylinders verzichtet, hauptsächlich damit die Abscissenaxen der Curven den Papierrändern genau parallel verlaufen. Nach jedem Umgange des Cylinders wird derselbe mittels der Kurbel soweit verschoben, wie nöthig ist, damit sich die Curven nirgends überdecken.

Um den Cylinder nach jedem Umgange, oder nach jedem halben oder viertel Umgange, sicher zum Stehen zu bringen, was sehr wichtig ist, habe ich folgende einfache Vorrichtung angebracht. Der bekannte Baltzar'sche Cylinder hat an seinen beiden Grundflächen je 4 platte Speichen. In jede der Speichen derjenigen Grundfläche, welche der Verschiebungskurbel zunächst steht, und dicht am Verschiebungsarm vorbeigeht, wurde ein feines Loch gebohrt, in welche ein kurzer geknöpfter Vorstecker hineinpasst. Mittels dieses Vorsteckers, welcher beim Rotiren des Cylinders schliesslich sich am Verschiebungsarm fängt, kann man dem Cylinder nach Belieben ganze, halbe oder viertel Umdrehungen freigeben. Das Umschalten des Vorsteckers sowie die Kurbeldrehungen erfolgen nach Auslöschen des electrischen Lichtes und Kleinstellen der Gaslampe unter Lüften des die Schutzkammer bedeckenden Sammettuches.

Das ganze Verfahren ist in allen seinen Theilen so sicher, dass ein Missrathen eines Blattes schon seit langer Zeit nicht mehr vorkommt.

2. Die Anaperiodicität der unharmonischen Formanten.

Die erste Aufgabe, welche ich mir stellte, war die Untersuchung, ob die unharmonischen Bestandtheile der Vocalklänge sich in jeder Periode unabhängig einsetzend wiederholen, oder ob sie eine in der Phase fortlaufende und nur mit jeder Stimmperiode unterbrochene Schwingung darstellen. Im letzteren Falle

Wie man sieht, sind die Analysen mehrerer Perioden desselben Vocalklanges, trotz des etwas verschiedenen Aussehens derselben, sowohl in den Amplituden wie in den Phasen ziemlich übereinstimmend. Wo grosse Abweichungen vorkommen, betreffen dieselben Partialtöne, welche wenig hervorragen. Jedenfalls ist der Schluss gerechtfertigt, dass eine regelmässige Verschiebung, wie sie ein autoperiodischer unharmonischer Formant verursachen würde, nicht vorkommt, so dass also die von mir nachgewiesenen unharmonischen Bestandtheile als anaperiodisch zu betrachten sind.

Unter den zahlreichen, noch zu beleuchtenden Einwänden, welche H. Pipping neuerdings gegen meine Vocaluntersuchungen erhoben hat[1]), figurirt auch von Neuem der schon von ihm und Hensen gemachte, und trotz meiner Zurückweisung[2]) von Auerbach wiederholte, dass die von mir behaupteten unharmonischen Formanten beim vocalisirten Gesang jeden Kunstgenuss unmöglich machen würden. Da Pipping jetzt selber einsieht, dass dieser Einwand nur dann zutreffend sein würde, wenn die unharmonischen Formanten autoperiodisch wären (S. 529)[3]), so kann ich mir seinen Einwand nur aus dem Missverständniss erklären, dass ich die letztere Ansicht ausgesprochen hätte. Bei aufmerksamem Lesen würde er gefunden haben, dass ich stets nur anaperiodische Disharmonie behauptet, und nur die Möglichkeit autoperiodischer durch besondere Untersuchung ausgeschlossen zu sehen gewünscht habe. Der Einwand fällt also in Nichts zusammen.

3. Neue Curven langer Vocale (Tafel V) und Principien der Untersuchung.

Zu dem eingangs angegebenen Zwecke gebe ich auf Taf. V eine Anzahl möglichst treuer Copien von Vocalcurven in denjenigen Dimensionen, wie sie in der letzten Zeit hauptsächlich zu unseren Messungen gedient haben. Sehr gern hätte ich photographische Reproductionen gegeben, aber die Originalcurven erwiesen sich

---

1) Zeitschr. f. Biologie Bd. 31. S. 524.

2) Dies Archiv Bd. 48. S. 184.

3) Anstatt der Worte: „Es freut mich, wenigstens in diesem Puncte Prof. Hermann beistimmen zu können“ hätte der Verf. besser gesagt: „es drängt mich meinen irrigen Angriff zurückzunehmen.“

dazu im Allgemeinen als zu fein; es musste daher wieder zum Pausverfahren gegriffen werden. Von der Glätte und Eleganz der Originale geben die Reproductionen keine Vorstellung, jedoch sind sie bis auf einige Härten in der Wiedergabe feiner Details so correct, dass sie zur Analyse benutzt werden können.

Aus den meist 50 oder 25 cm langen Originalcurven (s. oben S. 171) sind nur Stücke von 8 cm wiedergegeben; nur 3 Curven sind fast in ganzer Länge des Originals (45 von 50 cm) reproducirt, um eine Vorstellung davon zu geben, wie die Perioden allmählich in Einzelheiten sich verändern. Auch zu den kurzen Curvenstücken sind, wo Veränderungen im Verlaufe der Curve bemerkbar waren, mit Vorliebe solche Strecken ausgewählt, in welchen die Veränderung sichtbar ist.

Durchweg ist links Vocal und Note, rechts in Haarschrift und eingeklammert die Blatt-Nummer angegeben. *Ā*, *g* bedeutet: langes *A* auf Note *g* gesungen. Die Stimmung ist die sog. mathematische, d. h. $c = 128$, $e = 160$, $g = 192$, $c^1 = 256$ ganze Schwingungen p. Sec. Von einigen Vocalen habe ich mehrere Beispiele für dieselbe Note aus bestimmten Gründen darstellen lassen. Alle Curven rühren von meiner Stimme her, für welche, wie man sieht, die Kraft einer Reihe von Vocalen (*E*, *I*, *Ae*, *Oe*, *Ue*) deutlich von *c* bis c^1 zunimmt (dasselbe gilt für die entsprechenden kurzen Vocale, s. Taf. VI).

Die Wiederholung einer anaperiodisch unharmonischen Schwingung in jeder Periode springt besonders bei den Vocalen *A* und *Ao* jedem Unbefangenen sofort in die Augen. Dass es sich hier nicht um willkürliche Auffassung handelt, ergiebt sich besonders beim Vergleich der Curven Nr. 1, 4, 5, 6, welche sämmtlich Vocal *Ā* auf Note *c* darstellen und verschiedenen Blättern entnommen sind. In 5 sind jedesmal nur 2, in 1, 4, 6 dagegen 3 ganze Schwingungen des Formanten in jeder Periode enthalten; der Rest der Periode ist nahezu schwingungslos. Deutlicher kann die Selbstständigkeit des Formanten gegenüber der alten Lehre von der Verstärkung harmonischer Stimmpartialtöne gewiss nicht bewiesen werden. Auch Nr. 3 und 10 (*Ao*, Note *c*) zeigen sehr schön eine selbstständige schwebungsartig unterbrochene und zugleich evident unharmonische, aber anaperiodische Formantschwingung. Dass der unmittelbare Anblick der Curven hier Dinge lehrt, welche in der

Analyse niemals zu Tage treten können, wird Jeder zugeben, der nicht in theoretischer Voreingenommenheit befangen ist.

Den letzteren Vorwurf muss ich Pipping machen, dessen sonst schätzenswerthe und fleissige Untersuchung (Citat s. oben) durch diese Voreingenommenheit unfruchtbar wird. Er macht mir die seltsame Vorhaltung, dass ich die Curven auch mit dem Auge betrachte, während „unsere Gesichtseindrücke für die Gehörwahrnehmung in keiner Weise massgebend sind", und dass ich „bei der Beurtheilung der Klangcurven die Empfindungen des Auges und die des Ohres nicht streng auseinander halte". Als ob die Klangcurve etwas anderes wäre, als eine optische Darstellung der Schallbewegung, eben dazu gemacht, um mit allen Hilfsmitteln des Gesichtssinnes studirt zu werden! Zunächst kommt es darauf an, festzustellen, welche Art von objectiver Bewegung der Vocalklang ist. Ein zweites, selbstständiges Problem ist es, wie das Gehörorgan auf diesen Vorgang reagirt, eine Frage, auf welche ich weiter unten eingehe. Pipping betrachtet die Vocalfrage nur vom Standpunkt des Ohres, und noch dazu vom Standpunkt einer Hypothese, die er fälschlich als Gesetz bezeichnet (s. unten S. 201), obwohl er sie, wie wir sehen werden, selber in einem wesentlichen Punkte umzustossen sucht. Was zu dieser Hypothese nicht passt, ist er sehr geneigt, einfach als falsch anzusehen.

Ich kann nur wiederholen[1]): die Curve ist der vollkommenste objective Ausdruck der vorliegenden Bewegung; wie wir die Curve lesen, ist willkürlich; die Auflösung in harmonische Theilschwingungen ist eine der Arten sie zu lesen, aber nicht die einzige.

Pipping freilich behauptet stets von Neuem, dass sie die einzige sei, obwohl er zu meiner Freude von einer ganzen Reihe schwerer Irrthümer seines ersten eiligen Angriffes in Folge meiner Beleuchtung desselben zurückgekommen ist. Er macht mir nicht mehr wie früher[2]) den Einwand, dass seine Analysen die Abwesenheit unharmonischer Formanten ergeben, weil die Curven sich ohne Fehler in harmonische Reihen auflösen lassen[3]), ja er hat sogar

1) Vgl. dies Archiv Bd. 58. S. 273. Diese am 16. October 1894 erschienene Arbeit war Pipping bei der Abfassung seines Angriffs noch unbekannt. Ich bin genöthigt, einiges dort schon Gesagte kurz zu reproduciren.

2) Zeitschr. f. Biologie Bd. 27. S. 433.

3) Noch immer ist übrigens Pipping über die Bedeutung seiner

den von mir hervorgehobenen Umstand, dass diese Zerlegung eine willkürliche ist[1]), jetzt endlich auch aus Helmholtz herausgelesen. Er macht mir auch nicht mehr den Einwand, dass meine unharmonischen Formanten mit Resonatoren nicht nachweisbar sind, sondern gesteht zu (S. 531 Anm.), dass ich Recht hatte diesen Nachweis bei anaperiodischen Formanten für unmöglich zu erklären[2]). Ich hätte nur gewünscht, dass ein Autor, der mich zum zweiten Male angreift, die Irrthümer seines ersten Angriffes ausdrücklich widerrufen hätte; der Leser merkt diese Widerrufe aus der Darstellung nicht.

Der jetzige Vorwurf Pipping's gegen meine Aufstellung anaperiodisch unharmonischer Formanten, dass nämlich diese Aufstellung auf einer anderen Betrachtungsweise als der analytischen beruht, ist also gar kein Einwand, da die analytische Betrachtung diese Frage niemals entscheiden kann.

Ein zweiter Einwand gegen meine „Lehre" ist nach Pipping der Widerspruch zwischen derselben „und den bekanntesten Thatsachen der Acustik". Was meint wohl hier der Vf.? Dass ein Schall, wie ich ihn annehme, physikalisch undenkbar sei, wird doch selbst Pipping nicht behaupten wollen. Dass ein solcher, wie Pipping auf Grund eines unten zu besprechenden Versuches von Hensen irrthümlich schliesst, nicht auf die Weise zu Stande kommen könnte, wie ich es als möglich hingestellt habe, würde, wenn es wahr wäre, ebenfalls kein Einwand gegen meine objective Auffassung der Vocalcurven und ebensowenig ein Widerspruch gegen bekannte Thatsachen der Acustik sein. Pipping sollte überhaupt so starke Ausdrücke auf einem Gebiete, das mir wohl ebenso bekannt ist wie ihm, nicht ohne die sorgfältigste Prüfung gebrauchen. Wie mir scheint, versteht Pipping unter den „bekanntesten That-

---

Fehlerrechnung nicht völlig im Klaren; denn er sagt (S. 550); er habe mit derselben die Genauigkeit seiner „Messungen" viel sorgfältiger geprüft, als irgend ein Anderer. Die Messungen werden aber durch die Fehlerrechnung absolut nicht controlirt, sondern nur erstens die Richtigkeit der analytischen Rechnung; zweitens, wieweit die berechneten Glieder ausreichen, die durch die gemessenen Ordinaten, mögen dieselben richtig oder falsch sein, gegebene Curve erschöpfend in Partialschwingungen auszudrücken.

1) Dies Archiv Bd. 48. S. 185.

2) Bd. 48. S. 183.

sachen der Acustik" wieder nur die Hörhypothesen, in die er sich eingelebt hat, und die er mit Thatsachen verwechselt.

Ein dritter und neuer Einwand Pipping's gegen meine unharmonischen Formanten ist der allbekannte Helmholtz'sche Klavierversuch. Da anaperiodisch unharmonische Formanten die ihrem Ton entsprechende Saite nicht in Mitschwingung versetzen können, so könnten, wie Pipping meint, die Vocale, wie ich sie auffasse, nicht aus dem Klavier nachhallen, während sie es doch thun. Glaubt Pipping wirklich, dass ich einen so naheliegenden und (wenn er zutreffend wäre) schlagenden Einwand mir nicht selbst längst gemacht haben würde? In der That habe ich schon vor 5 Jahren, zur Zeit meiner ersten Vocalarbeit, den Klavierversuch, den ich jedes Jahr meinen Zuhörern vorführe, und der auch mir im ersten Moment mit meiner Auffassung unvereinbar schien, sorgfältig erwogen, aber bei näherer Ueberlegung sofort gefunden, dass dies kein Einwand ist. Und Pipping hätte ebenfalls, ehe er mit einem so wohlfeilen Einwand mich widerlegen zu können glaubte, die Sache genauer überlegen sollen. Sie ist nämlich ganz einfach. So gut wie sich jede Periode, auch mit einem anaperiodischen unharmonischen Formanten, in eine Fourier'sche Reihe entwickeln lässt — und ich selbst habe in meinen Arbeiten viele solche Entwicklungen mitgetheilt [1]) —, so muss auch ein solcher Schall in einem möglichst vollständigen Resonatorensystem seine Vertretung finden, also auch sich durch Nachhall reproduciren. Ob der Formant selbst eine Saite ansprechen kann, wie es der Fall ist, wenn er mit einem Partialton des Stimmklanges zusammenfällt, oder ob dies, wie gewöhnlich, nicht der Fall ist, ist für den Erfolg völlig gleichgültig. Auch dieser Einwand Pipping's fällt also in Nichts zusammen. Auf den Klavierversuch komme ich unten nochmals zurück.

Pipping's neuere Analysen [2]), welche an den angegebenen

---

1) Dies Archiv Bd. 48. S. 186, Anm; Bd. 53. S. 46 ff.; Bd. 58. S. 276 ff.

2) Die in diesen Analysen steckende Arbeit unterschätze ich keineswegs, zumal Pipping, da er Nichts davon erwähnt, es offenbar verschmäht hat, sich des von mir erfundenen so ungemein bequemen Mittels der Schablonen (Bd. 47. S. 51) zu bedienen. Diese Schablonen lassen sich natürlich ebensoleicht für 48, wie für meine 40 Ordinaten anfertigen. Pipping hat sich sehr viel vermeidbare Arbeit gemacht. — Eine weitere Genauigkeitsprobe

Stellen mitgetheilt sind, enthalten mehrere erfreuliche Annäherungen an meine Ergebnisse, obwohl bei der Verschiedenheit unserer Sprachen genug Differenzen unvermeidlich bleiben werden. Vor Allem findet er jetzt für *A* ein früher nicht hervorgetretenes unteres Verstärkungsgebiet in der Gegend von gis^2, also sehr nahe meinem Befunde. Für *Ae* geht die Uebereinstimmung noch weiter. Auch für *U* ist die Uebereinstimmung grösser als ich früher meinte, da der von Pipping früher gefundene untere Formant bei c^1, und nicht, wie ich in Folge eines Druckfehlers bei ihm meinte, bei *c* lag, bei mir bei c^1 bis f^1, und in Pipping's neuerer Angabe bei d^1 bis f^1. Den oberen Formanten von *U*, dessen „Entdeckung" sich Pipping zuschreibt, und den ich gleichzeitig mit ihm „entdeckt" habe, finde ich bei d^2—e^2, Pipping legte ihn früher bei a^2, jetzt bei d^3 (als Mittellagen)[1]. Gross sind und bleiben die Abweichungen besonders bei *O*, *Oe*, *Ue* und *I*, deren tiefere von Pipping angegebene Formanten in meinen Analysen nicht auftreten. Dies hängt möglicherweise mit dem Umstande zusammen, dass in Pipping's Analysen im Allgemeinen die Grundton-Amplituden stärker hervortreten als in den meinigen, woraus Annahmen tiefer Formanten hervorgegangen sein können, zu welchen ich keine Veranlassung habe. In Pipping's älteren Analysen war allerdings das Hervortreten der Grundtöne noch viel stärker, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

---

meines Schablonenverfahrens (vgl. auch Bd. 53. S. 44) hat Herr Hirschfeld auf meine Veranlassung ausgeführt. Es wurden nämlich in der Productentabelle eines Analysenbogens die 4 obersten Reihen weggenommen und unten angehängt, d. h. der Nullpunkt der Periode in der Rechnung um 36° verschoben. Die nunmehrige Bestimmung der Amplituden stimmte ausgezeichnet zu der ersten; die Phasen aber waren natürlich gänzlich verändert, und zwar betrug, wie es sein muss, die Phasenverschiebung des ersten Partialtons 36°, die des zweiten 2.36 = 72°, die des dritten 3.36 = 108° u. s. w.

1) Dass ich den unteren, schon von Helmholtz behaupteten Formanten in meinen *a*-Versuchen nicht gefunden habe, beruhte auf einem Mangel derselben, den ich selbst bereits hervorgehoben habe (Bd. 53. S. 18, 34 etc.), was Pipping, nach der Art seiner Aeusserung zu schliessen, übersehen zu haben scheint.

	Zahl der Fälle mit Amplituden-maximum beim Grundton	Zahl der Fälle mit Amplituden-maximum bei einem höheren Partialton
in Pipping's ersten Analysen	14	9
in Pipping's neuen Analysen[1])	29	39
in meinen ersten Analysen[2]) (a-Vers., Bd. 47) . . .	—	12
in meiner zweiten Reihe (Bd. 53)	7	36
in meiner dritten Reihe (Bd. 58)	2	36

Pipping hat sich also meinen Befunden bezüglich des Grundtones erheblich genähert, und betrachtet sogar den von mir zuerst, im Gegensatz zu den älteren Arbeiten, nachdrücklich hervorgehobenen merkwürdigen Umstand, dass die Vocalklänge auffallend schwache Grundtöne haben, jetzt wie eine bekannte Thatsache (S. 535). Trotzdem ist aber der Unterschied in unseren Resultaten in dieser Hinsicht noch recht beträchtlich. Ein Grund hiervon mag in der im Allgemeinen höheren Lage von Pipping's Vocalnoten liegen. Aber zum Theil liegt der Grund vielleicht auch in den verwendeten Membranen. Pipping erhebt (S. 557) „Protest" dagegen, dass ich schon früher vermuthet habe, die Abweichungen möchten nur zu einem kleinen Theile auf Verschiedenheit der Aussprache beruhen. Ich muss aber meine Vermuthung aufrecht erhalten; grade für diesen einigermassen principiellen Punkt kann die Aussprache gar nicht in Betracht kommen. Mein Verfahren muss ich nach wie vor als das zuverlässigere erklären, weil das Abhören der Eingrabungen am Edison'schen Phonographen jederzeit über die Treue derselben Aufschluss giebt, eine Controle, welche beim Sprachzeichner nun einmal unmöglich ist. Wenn letzterer etwa bei gewissen Vocalen die Grundschwingung besonders begünstigte, so wäre die Verschiedenheit der Ergebnisse erklärlich. Allerdings sucht Pipping meine Methode zu verdächtigen. Nachdem er nämlich die längst bekannte Thatsache constatirt hat, dass der

1) Es sind in dieser Uebersicht nur die gesungenen Vocale berücksichtigt.

2) Nur Vocal *A* betreffend.

Phonograph nur dann treu die Vocale wiedergiebt, wenn man mittels der Ohrschläuche hört, schliesst er nicht etwa, wie man erwarten sollte, dass schlechte Wiedergabe an sich noch Nichts gegen die Treue der Eindrücke beweist, sondern umgekehrt (S. 555 f.): „Trotz der guten Wiedergabe der Vocale müssen wir uns deswegen sehr hüten, die Richtigkeit der Eindrücke auf dem Wachscylinder als direct controlirt zu betrachten.“ Pipping scheint es also für denkbar zu halten, dass falsche Eingrabungen durch Behorchen mit einem Schlauch zu richtigen Vocaleindrücken führen! Unendlich näher liegt doch die Erklärung, dass die Vocaleingrabungen richtig sind, beim Behorchen ohne Schlauch aber nicht so genau mit allen ihren Specialitäten auf das Ohr wirken, als mit Schlauch[1]).

Pipping's „Verstärkungsgebiete“ erstrecken sich zum Theil über Bereiche von einer vollen Octave und mehr. Da diese enorme Ausbreitung ausschliesslich die tiefsten Gebiete betrifft, deren Mittelpunkte in die 1-gestrichene Octave fallen, so könnte das Hervorragen der Grundtöne an Pipping's Schlüssen wesentlichen Antheil haben.

Zur genaueren Ermittelung der Centren seiner Verstärkungsgebiete hat sich Pipping jetzt meiner Idee einer Schwerpunktsberechnung angeschlossen, aber dieselbe zu einer logarithmischen umgestaltet. Sind p_1, p_2, p_3 die Amplituden für die Ordnungszahlen n_1, n_2, n_3 etc., so rechne ich als resultirende (unharmonische) Ordnungszahl:

$$n = \frac{p_1 n_1 + p_2 n_2 + p_3 n_3 + \ldots}{p_1 + p_2 + p_3 + \ldots},$$

Pipping dagegen rechnet[2]):

$$\log n = \frac{p_1 \log n_1 + p_2 \log n_2 + p_3 \log n_3 + \ldots}{p_1 + p_2 + p_3 + \ldots},$$

woraus folgen würde:

$$n = \sqrt[(p_1+p_2+p_3+\ldots)]{n_1^{p_1} n_2^{p_2} n_3^{p_3} \ldots}$$

---

1) Die frühere, vom Sprachzeichner hergenommene Ansicht, dass der Sprechschlauch ungünstig wirke, ist hoffentlich, nachdem Pipping den Phonographen näher kennen gelernt hat, von ihm aufgegeben.

2) Statt der Ordnungszahlen nimmt Pipping die entsprechenden Schwingungszahlen, was aber im Resultat auf das Gleiche herauskommt.

Seine Begründung läuft darauf hinaus, dass der intervallmässig mittlere Ton zwischen zwei Tönen nicht beim arithmetischen, sondern beim geometrischen Mittel der Schwingungszahlen liegt. Das ist ganz richtig; nur hat Pipping versäumt, nachzuweisen, dass es hier auf Intervallverhältnisse im musikalischen Sinn, und nicht auf einfache lineare Abstände der Schwingungszahlen ankommt.

Will man der Sache physikalisch auf den Grund gehen, so wäre das nächstliegende, einen einigermassen analogen übersehbaren Fall zu untersuchen, z. B. in welchem Amplitudenverhältniss ein irgendwie gelegener Ton eine Reihe von Resonatoren, deren Schwingungszahlen sich wie die ganzen Zahlen verhalten, anspricht. Diese Aufgabe ist theoretisch vollkommen lösbar, und ich gebe hier kurz die Resultate der von mir ausgeführten Berechnung.

Für einen Resonator von der Eigenschwingungszahl k für 2π sec. und dem Dämpfungsverhältniss ε (die Masse $= 1$ gesetzt), auf welchen ein Ton von der Amplitude λ und der Schwingungszahl m (für 2π sec.) einwirkt, lautet die Differentialgleichung:

$$\frac{\partial^2 x}{\partial t^2} + 2\varepsilon \frac{\partial x}{\partial t} + k^2 x = \lambda \sin mt.$$

Das Integral dieser Gleichung ist, wenn die mit der Zeit schnell verschwindenden Glieder weggelassen werden, auf eine Sinusschwingung reducirt:

$$x = \frac{\lambda}{\sqrt{(k^2 - m^2)^2 + 4m^2\varepsilon^2}} \sin\left(mt - arctg \frac{2m\varepsilon}{k^2 - m^2}\right).$$

Der vor dem sin-Zeichen stehende Factor ist die Amplitude, mit welcher der Resonator antwortet, und wenn eine Reihe von Resonatoren von den Schwingungszahlen k, $2k$, $3k$, $4k$ etc. vorliegt, so wirkt der Ton m in dem Verhältniss

$$\frac{1}{\sqrt{(k^2 - m^2)^2 + 4m^2\varepsilon_1^2}}, \quad \frac{1}{\sqrt{(4k^2 - m^2)^2 + 4m^2\varepsilon_2^2}}, \text{ etc.}$$

auf sie ein, worin ε_1, ε_2 etc. die Dämpfungsverhältnisse sind.

Wenn nun Pipping's Begründung seines Verfahrens eine tiefere Bedeutung hätte, so müssten zwei Resonatoren, z. B. von der Schwingungszahl $2k$ und $3k$, annähernd gleich angesprochen werden durch einen Ton, der dem geometrischen Mittel von $2k$ und $3k$ entspricht, d. h. von $m = \sqrt{6} \,.\, k$. Meine Schwerpunktsberechnung dagegen würde voraussetzen, dass diese beiden Resonatoren annähernd gleich angesprochen werden durch den Ton vom arith-

metischen Mittel, d. h. $m = 2{,}5\,k$. Nehmen wir die ε-Werthe so klein an, dass ihre Quadrate gegen die übrigen Glieder vernachlässigt werden dürfen, so spricht der nach Pipping berechnete Ton die beiden Resonatoren im Verhältniss von 3 : 2, der nach mir berechnete im Verhältniss von 11 : 9, also weit gleichmässiger, an. Man sieht also, wie wenig fundirt Pipping's Aperçu ist[1]).

Aber Pipping hätte eine noch viel näher liegenden Probe machen können, wenn er nachgesehen hätte, wie sich seine Rechnungsweise an völlig übersehbaren Beispielen analysirter Curven bewährt. In einem Anhange zu Theil IV meiner Arbeit (dies Archiv Bd. 53. S. 46—51) habe ich zur Prüfung meiner Schwerpunktsberechnung, welche ich ausdrücklich stets (u. A. S. 51) als eine blosse Annäherung betrachtet habe, eine Anzahl Fälle von Perioden mit unharmonischen Bestandtheilen rechnerisch analysirt, in 3 Tabellen die Amplituden der Theilschwingungen dargestellt, und (S. 50) die unharmonischen Bestandtheile mit den Schwerpunktsermittelungen verglichen. Hier hätte Pipping ohne jede Mühe exactes Material zur Prüfung seines Aperçu's gefunden. Ich habe es mich die Mühe nicht verdriessen lassen, Pipping's Berechnung auf diese Beispiele anzuwenden. Es kommt heraus:

Tabelle Nr.	m =	Berücksichtigte Amplituden	Wahrer Werth	Werth nach meiner Schwerp.-Ber.	Werth nach Pipping's Schwerp.-Ber.
1	2	4, 5, 6	5,0	4,94	4,88
	3	4, 5, 6	5,0	4,95	4,90
	4	4, 5, 6	5,0	4,97	4,93
2	2	4, 5, 6	4,8	4,87	4,71
	3	4, 5	4,8	4,58	4,55
	4	4, 5	4,8	4,68	4,65
	4,8	4, 5, 6	4,8	4,91	4,88 a
3	2	3, 4, 5	4,5	4,09	4,09 b
	3	4, 5	4,5	4,47	4,52 c
	4	4, 5	4,5	4,47	4,44
	4,5	4, 5	4,5	4,53	4,50 d

1) Ich bemerke ausdrücklich, dass auch für andere Annahmen bezüglich ε die lineare Schwerpunktsberechnung meist richtigere Werthe liefert als Pipping's logarithmische. Ich habe in vielen Beispielen die Amplitudenverhältnisse für ein gegebenes m ausgerechnet, und aus ihnen m nach beiden Verfahren zu bestimmen gesucht.

Wie man sieht, führt Pipping's sehr umständliche Rechnung in 7 von 11 Fällen auf unrichtigere Ergebnisse als die meinige, in 1 Falle (b) auf gleiches Ergebniss, und nur in 3 Fällen (a, c, d) auf ein um 0,01 bis 0,03 richtigeres. Es existirt also weder ein theoretischer, noch ein practischer Grund, meiner einfachen Rechnung eine complicirtere und in der grossen Mehrzahl der Fälle geringere Annäherung ergebende Rechnung vorzuziehen; Pipping war und ist auch hier mit seinem Angriff im Unrecht, und hat sich überflüssige Mühe mit seiner Rechnung gemacht.

4. Curven und Analysen kurzer Vocale (hierzu Taf. VI).

Zum ersten Male gebe ich auch eine Sammlung von Curven kurzer Vocale (wie in *Ann*, *Enn* u. s. w.). Bei der kurzen Dauer derselben können im Allgemeinen auch nur kurze Periodenreihen gewonnen werden. In der Regel benutzte ich zur Aufzeichnung nur Viertel-Umdrehungen des Cylinders (mittels des S. 171 erwähnten Vorsteckers), gewann also Curven von $12^1/_2$ cm Länge. Selbst in diesen kurzen Strecken sieht man die Vocalperioden meist in Veränderung begriffen. Es liegt anscheinend in der Natur des kurzen Vocals, seinen Character gegen das Ende, wo er fast stets in einen Consonanten, oder (zur Diphthongenbildung) in einen anderen Vocal übergeht, zu ändern; der Mund macht offenbar schon während des Vocals Vorbereitungen zum Uebergang in die Stellung für den folgenden Laut, was nicht ohne Einfluss auf den Vocalcharacter bleiben kann. Die kurzen Vocale sind deshalb eine weniger constante Erscheinung als die langen, und auch in den Analysen mehrerer Perioden desselben Vocals zeigt sich geringere Uebereinstimmung der Resultate. Von anderen Autoren mit Ausnahme Boeke's[1]) sind bisher meines Wissens die kurzen Vocale von den entsprechenden langen nicht unterschieden worden. In Pipping's analysirten Vocalen scheinen sich, nach den angeführten Wortbeispielen (a. a. O. S. 558) zu schliessen, sowohl lange als kurze zu befinden.

Dass manche kurzen Vocale, obwohl sie mit demselben Zeichen geschrieben werden, ganz andere Laute sind als die ent-

1) Dies Archiv Bd. 50. S. 307 f.

sprechenden langen, habe ich schon in früheren Mittheilungen kurz erwähnt. Namentlich ist das kurze *E* in *Helm* offenbar dem *Ae* ungleich näher stehend als dem (langen) *E*; dies bestätigt auch der Anblick der Curven, und die Unmöglichkeit, einen Unterschied der Worte *Hälm* und *Helm* zu hören, wenn man nicht absichtlich einen solchen hervorzubringen sucht. Ebenso ist das kurze *O* in *Wort* dem *Ao* ungleich verwandt als dem (langen) *O*. Der Unterschied des kurzen *I* (in *Bild*) vom langen *I* ist mir noch früher an dem Aussehen der Curven aufgefallen als durch das Gehör, obwohl er auch so deutlich ist. Und auch bei *U*, *Oe*, *Ue* ist der kurze Laut wesentlich verschieden vom langen; das kurze *Oe* (in *können*) entspricht einer Art von langem *Oe*, welche im Deutschen ungebräuchlich, dagegen im Französischen sehr gewöhnlich ist. Unter allen Vocalen scheint *A* am wenigsten durch die Kürze verändert zu werden; doch nähert es sich bei den meisten Personen etwas dem *Ao*.

Auf Tafel VI gebe ich Curven aller hier genannten kurzen Vocale auf die Noten c, e, g, c^1, wiederum in 8 cm langen Abschnitten. *E* und *Ae* sind nicht unterschieden, ebensowenig *Ao* und *O*.

Herr Hirschfeld hat eine Reihe von Analysen der kurzen Vocale ausgeführt, deren Resultate ich im Folgenden mittheile. Wie immer bedeuten die Zahlen die Amplituden der Partialschwingungen in Procenten der maximalen Curvenhöhe.

Note *c*.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	c	c^1	g^1	c^2	e^2	g^2	$\langle ais^2$	c^3	d^3	e^3	f-fis^3	g^3	gis-a^3	$\langle ais^3$	$\langle h^3$
Ă (273)	1_9	1_9	5_6	11_9	14_7	14_5	6_3	1_7	2_1	3_8	.	.	.	.	.
Ŏ od. Ăo (280)	8_9	6_5	16_8	31_7	4_4	4_9	0_7	2_5	0_5	0_6	.	.	.	.	.
Ĕ od. Ăe (277)	7_4	8_4	10_4	23_2	6_8	4_7	3_5	2_5	1_8	0_7	1_0	1_7	1_8	1_3	0_7
Ŏe (277)	8_8	10_5	13_6	23_8	9_8	4_1	3_1	4_7	4_5	0_9	2_0	1_7	1_5	0_4	1_2

Note *e*.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	e	e^1	h^1	e^2	gis^2	h^2	$\langle d^3$	e^3	fis^3	gis^3	a-ais^3	h^3	c-cis^4	$\langle d^4$	$\langle gis^4$
Ă (273)	11_8	3_7	19_8	28_8	5_1	9_0	4_0	6_4	4_6	5_6	1_1	2_0	1_8	2_3	0_8
Ŭ od. Ăo (274)	12_2	3_4	26_5	16_0	4_4	3_5	5_9	4_1	1_7	1_4	1_0	1_6	0_9	.	.
Ŭ (275)	38_8	22_4	10_9	6_6	4_4	3_9	2_4	1_7	1_0	0_6	.	.	.	.	.
Ĕ od. Ae (275)	11_6	10_8	33_8	3_0	1_9	4_4	1_1	1_5	0_4	1_9	1_7	1_3	1_2	0_8	.
Ŏe (275)	13_7	20_1	21_7	7_9	2_8	1_4	1_2	2_3	1_0	0_3	.	.	.	.	.

Note *g*.

	g	g^1	d^2	g^2	h^2	d^3	$\langle f^3$	g^3	a^3	h^3	*c-cis*^{4}	d^4	*dis-e*^{4}	$\langle f^4$
Ă (273)	19_2	6_5	30_7	10_8	13_4	1_6	4_5	6_4	0_9	2_5	2_1	2_8	0_9	.
Ŏ od. Ăo (274)	14_4	14_8	31_5	6_2	5_2	8_9	3_1	2_7	3_6	1_4	2_5	1_7	0_5	0_3
Ŭ (275)	38_0	20_6	19_1	7_7	5_4	3_6	2_7	1_6	0_5	0_8	.	.	.	.
Ĕ od. Ăe (275)	25_9	16_3	25_4	2_5	1_1	4_5	3_1	2_1	3_5	2_6	0_9	0_6	.	.
Ŏe (278)	11_8	24_0	19_4	9_1	3_6	4_4	2_1	2_8	2_8	1_1	0_8	0_5	.	.

Note c^1.

	c^1	c^2	g^2	c^3	e^3	g^3	$\langle ais^3$	c^4	d^4	e^4
Ă (273)	10_0	43_8	9_4	10_0	6_9	2_8	1_8	1_2	0_5	0_4
Ŭ (275)	15_3	31_2	15_8	2_8	3_2	2_1	0_5	0_4	0_3	0_3
Ĕ od. Ăe (263)	11_0	41_0	8_5	5_9	2_0	0_4	0_7	2_3	0_9	0_6

Aus diesen Analysen folgt zunächst, dass Ŭ von den übrigen Vocalen und auch von Ū dadurch abweicht, dass die Partialamplituden von der tiefsten beständig und sehr gleichmässig abnehmen. Nur auf Note c^1 lässt sich ein bei c^2 liegender Formant herauslesen, von welchem auch auf Note *g* eine Andeutung sich findet, da die dritte Amplitude (d^2) von der zweiten kaum verschieden ist, während sonst die Amplituden gleichmässig abnehmen. Ŭ scheint also ein gewissen musikalischen Klängen sich annähernder Klang zu sein, in welchem ein bei c^2 liegender Formant wenig hervorragt.

Ă hat einen deutlichen Formanten in der zweiten Octave, wie Ā, aber entschieden etwas tiefer. Die Schwerpunktsberechnung[1]) ergiebt seine Lage

für Note *c*: $\rangle e^2$
" " *e*: es^2
" " *g*: $\langle dis^2$
" " c^1: c^2

Ŏ (Ăo) hat ebenfalls einen deutlichen Formanten, welcher tiefer liegt, als diejenigen von Āo und Ō, nämlich nach der Schwerpunktsberechnung

für Note *c*: b^1—h^1
" " *e*: $\rangle cis^2$
" " *g*: $\rangle c^2$

1) Ueber die Regel für die dazu auszuwählenden Amplituden s. dies Archiv Bd. 53. S. 50.

Ĕ (*Ăe*) zeigt ganz ähnlich aussehende Curven wie *Āe*; die Analysen zeigen die Uebereinstimmung in geringerem Grade. Für *Ae* lagen die Formanten im Anfang der 2. und in der Mitte der 3. Octave. Für *Ĕ* ergeben sich solche

für Note *c*: c^2 und g^3—a^3 (schwach)
„ „ *e*: h^1, h^2 und fis^3
„ „ *g*: d^2, dis^3 und a^3
„ „ c^1: c^3, c^4.

Formanten von *Ŏe* ergeben sich aus den Analysen

für Note *c*: c^2, cis^3, g^3
„ „ *e*: gis^1, e^3
„ „ *g*: h^1, d^3.

Der höhere Formant von *Ŏe* lässt sich besser durch Proportionalmessung ermitteln, und liegt nach zahlreichen solchen in der Gegend von e^3 bis fis^3.

Für *Ŭe* ergeben die Proportionalmessungen einen Formanten zwischen fis^3 und gis^3.

Endlich für *Ĭ* ergiebt sich auf demselben Wege aus sehr zahlreichen Proportionalmessungen [1]) gut übereinstimmend ein Formant bei ais^3.

Schliesslich mögen die von mir für die langen und kurzen Vocale gefundenen Formantlagen übersichtlich zusammengestellt werden.

	langer Vocal	kurzer Vocal
A	Mitte der 2. Octave (f^2—a^2)	c^2—es^2
E	Anfang d. 2. u. Ende d. 3. Octave	Anfang d. 2. u. Mitte d. 3. Octave
I	Mitte d. 4. Octave	ais^3
O	Anfang „ 2. „	} b^1—cis^2
Ao	„ „ „ „ (etw. höher)	}
U	Anfang der 1. und der 2. Octave	c^2?
Ae	„ „ 2. u. Mitte d. 3. Octave	Anfang d. 2. u. Mitte d. 3. Octave
Oe	Mitte der 3. Oct. (etw. tiefer als *Ae*)	e^3—fis^3
Ue	Ende der 3. Octave	fis^3—gis^3

Im Allgemeinen liegen also die Formanten der kurzen Vocale, besonders die höheren, tiefer

1) Vom kurzen *I* besitze ich eine ungemein grosse Zahl von Curven, weil dieser Vocal in meinen Consonantuntersuchungen überwiegend als Silbenbildner verwendet wird (vgl. dies Archiv Bd. 58. S. 260).

als diejenigen der entsprechenden langen Vocale. Dieses Ergebniss bestätigt sich vollkommen auch beim Flüstern der langen und kurzen Vocale.

5. Zur Theorie der Vocalbildung.

Nachdem durch meinen Geschwindigkeitsversuch am Phonographen[1]) und kurz darauf durch meine und Pipping's von einander unabhängige Curvenanalysen die lange Zeit offene Frage, ob die Vocalformanten feste oder bewegliche Lagen haben, im Sinne der Helmholtz'schen Ansicht von 1863 entschieden war, trat die zweite Frage in den Vordergrund, wie die festen Formanten sich mit den variirenden Stimmklängen abfinden.

Helmholtz hatte diese Frage dahin beantwortet, dass der Mundresonator, dessen Eigenton der Formant ist, die dem letzteren zunächst liegenden Partialtöne des Stimmklanges verstärke, und diese Ansicht hat neuerdings in Pipping einen eifrigen Vertreter gefunden. Ursprünglich[2]) hatte er Helmholtz's Annahme, dass die Verstärkungsgebiete sich über eine Octave und mehr (2 Quinten) erstrecken können, bestritten, jetzt[3]) geht er sogar über diese weite Ausdehnung hinaus.

Abgesehen davon, dass bei dieser Sachlage der Vocal mit besonderer Vollkommenheit auf diejenigen Noten sich singen lassen müsste, mit deren Obertönen der Formant übereinstimmt, habe ich gegen die Verstärkungstheorie bereits eingewendet[4]), dass, besonders bei Männerstimmen, die Formanten vieler Vocale auf viel zu hohe Partialtöne des Stimmklanges fallen, als dass man annehmen könnte, dass dieselben überhaupt vertreten sind, also verstärkt werden können. So ist der so sehr ausgeprägte Formant des langen Vocals *I* (f^4)

bei Note *G* der 28.—29. Partialton,
" " *c* " 21.—22. "
" " *g* " 14. "

Dieser Einwand scheint mir schon genügend, um die Theorie unmöglich zu machen.

1) Dies Archiv Bd. 47. S. 42.
2) Zeitschr. f. Biologie Bd. 27. S. 75.
3) Ebendaselbst Bd. 31. S. 573, 583.
4) Dies Archiv Bd. 58. S. 274.

Ferner wende ich ein, dass die auf diese Theorie gegründeten Vocalsynthesen misslingen, während die auf die meinige gegründeten den frappantesten Erfolg haben (s. unten). Wer je versucht hat, durch Aufsetzen von Resonatoren von der Tonhöhe f^2 bis gis^2 auf eine Zungenpfeife den Vocal *A* zu produciren, wird zugeben müssen, dass dies nicht gelingt, geschweige denn dass sich auf diesem Wege *E* oder *I* hervorbringen liessen. Ferner müsste nach Pipping's Theorie der Vocal *A* beim Helmholtz'schen Klavierversuch auch dann als solcher nachhallen, wenn man statt die Dämpfer mittels des Pedals sämmtlich abzuheben, nur die Saiten g^2 oder gis^2 oder selbst alle Saiten des „Verstärkungsgebietes" durch Niederhalten ihrer Tasten von den Dämpfern befreit. Nie hört man so den Vocal. Ebensowenig hört man ihn, wenn man die Tasten sämmtlicher Obertöne der gesungenen Note, soweit sie vertreten sind, niedergedrückt hält. Alle diese leicht zu bestätigenden Thatsachen sind unüberwindliche Schwierigkeiten für die Verstärkungstheorie. Zur Reproduction der Vocale müssen schlechterdings alle Saiten sammt ihren Obertönen frei sein, damit alle Töne, welche aus der Analyse der Periode mit anaperiodischer Theilschwingung hervorgehen, ihre Vertretung finden können (s. oben S. 178). Wie sehr es übrigens bei diesem Versuch nicht blos auf die Grundtöne, sondern auch auf die Obertöne der Saiten ankommt, geht aus folgenden von mir beobachteten Thatsachen hervor. Erstens gelingt der Versuch auch sehr gut an einem total absichtlich verstimmten Klavier. Zweitens gelingt er ziemlich gut auch dann, wenn man das Pedal erst im Augenblick des Aufhörens des gesungenen Vocals niedertritt; letzteres kann nur darauf beruhen, dass auch die gedämpften Saiten noch Partialschwingungen ausführen können, welche sich nachher durch Abheben des Dämpfers etwas verstärken.

Weiter habe ich bereits früher gegen die Verstärkungstheorie (und für meine Auffassung) den Umstand angeführt, dass bei der telephonischen und microphonischen Uebertragung die Vocale sich ganz anders verhalten als sonstige Klänge[1]). Unter solchen Umständen, dass die Amplitudenverhältnisse durch Multiplication oder Division mit den Ordnungszahlen oder sogar mit den höheren Potenzen derselben, sich total ändern, werden, wie ich gezeigt habe, die Klänge gänzlich deformirt, die Vocale behalten aber ihren Character,

1) Dies Archiv Bd 48. S. 543.

und zwar weil trotz jener Veränderungen des Amplitudenverhältnisses die Grundform der Vocalcurve erhalten bleibt. Ich schloss hieraus, dass es für den Vocalcharacter eben auf diese characteristische Eigenschaft, nämlich die Wiederholung einer bestimmten Oscillationsgruppe in jeder Periode, und nicht auf das Amplitudenverhältniss der Partialtöne ankommt wie bei musikalischen Klängen, deren Character sich bei diesen Versuchen in unbeschreiblichem Grade ändert.

Mit diesen Thatsachen sucht sich Pipping einfach dadurch abzufinden, dass er meint, die nach meiner Rechnung sich ergebenden Aenderungen der Amplitudenverhältnisse seien gar nicht so besonders gross, um den Klang wesentlich zu ändern; insbesondere bleibe das „Verstärkungsgebiet" immer noch prominent genug. Er glaubt dies an einem Beispiel, das er ausgerechnet hat, nachweisen zu können. Wer die Zahlen dieses Beispiels unbefangen betrachtet, wird sich vermuthlich über Pipping's Urtheil wundern. Noch deutlicher treten die Aenderungen hervor, wenn man in den verglichenen Zahlen nicht die Summe, sondern die hervorragendste Formant-Amplitude = 100 setzt. Ich habe das erste beste Beispiel aus meinen Analysen, nämlich das zweite *A* auf Note *c* in der Zusammenstellung in diesem Archiv Bd. 53. S. 22 (das erste *A* habe ich, weil es auf 15 Amplituden analysirt war, nicht gewählt), in dieser Weise ausgerechnet, gewiss nicht grade das günstigste für das, was zu zeigen ist, und stelle die Zahlen hier zusammen:

	A. p	B. $n\,p$	C. $n^2\,p$	D. p/n
1	22,0	4,4	0,9	110,1
2	29,5	11,8	4,7	73,7
3	7,5	4,5	2,7	12,5
4	27,2	21,8	17,4	34,0
5	100,0	100,0	100,0	100,0
6	53,0	63,6	76,3	44,2
7	20,5	28,7	40,2	14,7
8	28,0	44,8	71,6	17,5
9	17,2	30,9	55,6	9,5
10	6,7	13,4	26,9	3,4

Die Verticalcolumne *A* entspricht den Amplitudenverhältnissen des ursprünglichen Vocals, *B* einer einfachen telephonischen Ueber-

tragung bei relativ grossem Widerstand, *C* einer telephonischen Uebertragung mit eingeschalteter Induction, ebenfalls bei grossem Widerstande, *D* der gewöhnlichen Uebertragung mit Microphon, Inductionsspule und Telephon bei relativ kleinem Widerstande. Bei *C* und *D* bleibt der Vocal gleich gut erkennbar. Wer die Zahlen unter *C* und *D* vergleicht, wird mit mir schliessen, dass es auf die Amplitudenverhältnisse nicht ankommt, sondern nur auf das Vorhandensein einer bestimmten Schwingung, nämlich derjenigen des Formanten. Pipping's entgegengesetzter Schluss ist mir unverständlich, zumal er viel auf die Intensitäten giebt, und in diesen die Entstellung durch Microphon und Telephon noch viel grösser wird. Es wäre zu wünschen, dass Pipping meine Versuche über Telephon etc. wiederholte; er würde dann sich überzeugen, wie ungeheuer verschieden der Einfluss auf musikalischen Klang und auf Vocale ist.

Von ähnlicher Bedeutung wie die Microphon- und Telephonversuche sind für meine Auffassung der Vocalnatur gewisse am Phonographen von mir häufig gemachte Beobachtungen. Arbeitet nämlich der Recorder beim Singen etwas zu seicht auf dem Wachscylinder, so graben sich nur die hervorragendsten Theile der Schwingung ein, und bei den Zurückweichungen der Glasmembran bleibt das Wachs unverletzt. Die Curven solcher Eingrabungen, von denen ich sehr viele besitze, zeigen dann statt der unteren Gipfel gradlinige horizontal abschneidende Linien. Trotzdem hört man beim Reproduciren solcher Eingrabungen die Vocale *A*, *Ao*, *O* mit unverminderter Deutlichkeit; man sieht also, dass es bei den Vocalen eben nur auf die Abstände der Gipfel ankommt. Natürlich geben solche Curven bei der Analyse eine wesentlich andere Amplitudenvertheilung, ohne aber die Formanthervorragung zu verwischen. Um hiervon ein deutliches Bild zu erhalten, habe ich von Herrn Hirschfeld eine bereits von ihm gemessene und analysirte Curve dadurch in eine von der beschriebenen Art verwandeln lassen, dass die oberen Gipfel abgeschnitten wurden; einfach dadurch dass alle einen bestimmten Grenzwerth überschreitenden Ordinaten (die Nulllinie lag an den unteren prominentesten Gipfeln) auf diesen Grenzwerth vermindert wurden. Die so veränderten Ordinatenwerthe wurden nun der Analyse unterworfen, wobei sich das erwartete Resultat zeigte.

Man kann sich übrigens solche unvollständige Eingrabungen

wie die bezeichneten auch künstlich herstellen, indem man einen Cylinder mit vollständigen Vocaleingrabungen soweit abdreht, dass nur noch die tiefsten Stellen der Eingrabung bestehen bleiben. Lässt man einen solchen Cylinder mittels des Reproducers sprechen, so hört man viele Vocale, namentlich *A*, und auch die energischeren Consonanten, ungemein deutlich. Ich ziehe aus allen diesen Erfahrungen, welche sich mir bei meinen Arbeiten von selber aufgedrängt haben, denselben Schluss, wie aus meinen Telephon- und Microphonversuchen, dass nämlich für die Sprachlaute Stösse, welche in gewisser Zeitfolge eintreten, massgebender sind, als die Gesammtheit des Klanges, wie er sich in der Analyse nach harmonischen Partialtönen darstellt.

Meine eigene Auffassung von der Natur der Vocale erblickt in den Vocalen eine ganz specifische Art von Schall, deren Natur erst zu ergründen ist, und nie ergründet werden wird, wenn man mit aller Gewalt ihr die geläufigen Begriffe der Instrumentalmusik oder gar die anscheinenden Erfordernisse einer Hörhypothese aufzwängen will. Ist es nicht bemerkenswerth, dass wir die nächsten Analoga der Vocale nicht in der Musik, sondern in der Welt der Geräusche finden, dass zahlreiche Geräusche, wie Knattern, Schmettern, Donnern, Klirren ihre Benennung von Anklängen an Vocale erhalten haben, und zwar in allen Sprachen? Welches musikalische Instrument klingt dagegen *A*-artig? Und doch sollte man dies wenigstens für gewisse Notenlagen bei irgend einem erwarten, wenn es blos auf Amplitudenverhältnisse der Partialtöne ankäme.

Ich sehe nun in den Curven anaperiodische Schwingungsgruppen von grosser Selbstständigkeit, welche von der Stimmnote unabhängig sind, und höchstens mit ihr ein klein wenig in die Höhe gehen. Diese Gruppen sind im Allgemeinen unharmonisch zur Stimmperiode, und nur ausnahmsweise, gleichsam zufällig, harmonisch. Sobald ich künstlich einen ähnlichen Vorgang erzeuge, z. B. auf dem Wege der Interferenz, oder der Intermittenz, höre ich Vocale so frappant, wie mit keiner anderen mir bekannten Productionsmethode. Ich kann nur bedauern, dass Pipping nicht meinen hier so Vielen gezeigten Vocalversuch an der Doppelsirene wiederholt hat, obwohl ihm doch sicher, sei es in Kiel oder in

Helsingfors, die Mittel dazu zu Gebote standen, und obwohl er früher nichtssagende Einwände dagegen erhoben hat[1]). Selbst den weit unvollkommneren Zahnradversuch hat er nicht angestellt, obwohl er, um mich anzugreifen, mit Zahnrädern eifrig gearbeitet hat (s. unten). Wenn eine Betrachtung so spielend leicht zu einer früher unbekannten Art Vocale nachzuahmen geführt hat, so verdient sie mehr Beachtung, als ihr Pipping widmet.

Zu seiner Entschuldigung lässt sich anführen, dass er einem Versuch von Hensen zu grosse Bedeutung beigelegt hat, der sich gegen eine Idee von mir, wie die Vocale entstehen könnten, wendet. Pipping stellt diesen Versuch sogar unter seinen Gegengründen in die erste Linie, ohne zu bedenken, dass es sich nur um eine von mir mit aller Reserve hingestellte Möglichkeit handelt. Selbst wenn diese Möglichkeit zurückzuweisen wäre, und wenn ich absolut nicht erklären könnte, wie die von mir behauptete Vocalerscheinung zu Stande kommt, wäre doch diese Erscheinung damit nicht bestreitbar. Seit wann bezweifeln wir z. B. morphologische Erscheinungen deswegen, weil wir sie nicht zu erklären vermögen?

Ich hatte in meiner ersten Vocalarbeit gesagt[2]): „Das Wesentliche des Vocals wäre nach meinen Versuchen ein intermittirendes oder oscillirendes Anblasen des Mundtones durch die Stimme. Wenigstens genügt dies zur Characteristik des Vocals, und das Genügende, d. h. Nothwendigste festzustellen, muss unsere erste Aufgabe sein. . . . . . Dass ein intermittirendes Anblasen überhaupt eintritt, scheint mir nicht unverständlich. Wir haben es vermöge der Schwingung der Stimmbänder mit einem intermittirenden Exspirationsstrom zu thun, welcher anblasend wirkt. Die Theorie der Resonatoren ist noch nicht genügend entwickelt um übersehen zu können, unter welchen Umständen intermittirendes oder oscillirendes Anblasen ein continuirliches, und unter welchen es ein oscillirendes Tönen hervorbringt, und namentlich sind bekanntlich die Eigenschaften starrer und regelmässig geformter Resonatoren nicht ohne Weiteres massgebend für die complicirte Form und die weichen dicken Wände des Mundresonators, der vielleicht viel stärker gedämpft ist“[3]).

1) Vgl. hierüber dies Archiv Bd. 48. S. 189.

2) Dies Archiv Bd. 47. S. 380, 381.

3) Wie ich aus der mir erst später zu Gesichte gekommenen 4. Ausgabe

Gegen diese, wie man sieht mit aller Reserve ausgesprochene Hypothese vom Zustandekommen der Vocale, in welcher namentlich in den gesperrten Worten (im Original nicht gesperrt) auf die unbekannten Eigenschaften des Mundresonators Gewicht gelegt wird, hat Hensen einen Versuch mit einem gewöhnlichen starren Resonator producirt[1]), der für Pipping's neuen Angriff die wesentliche Stütze bilden soll.' Ich habe es bisher unterlassen mich zu dieser Hensen'schen Mittheilung zu äussern, weil der Herr Verfasser so freundlich war, einen Theil der darin enthaltenen Angriffe zurückzunehmen[2]), und ich es vorzog, das nicht Zurückgenommene auf sich beruhen zu lassen. Auch heute beschränke ich mich auf den in Rede stehenden Versuch.

Bekanntlich lässt sich ein Hohlkörper, z. B. eine Flasche, ein Kugelresonator, zum kräftigen Tönen bringen, wenn man einen Luftstrom aus einer passend gestellten Spalte über die Mündung streichen lässt. Hensen bringt nun mit der oberen Oeffnung einer Zungenpfeife ein Spaltrohr in Verbindung und lässt die aus letzterem ausströmende Luft auf einen Resonator wirken; derselbe tönt nicht, wenn die Zunge schwingt, wohl dagegen, wenn die Luft durch die Zunge geht, ohne dieselbe zum Schwingen zu bringen. Hensen schliesst hieraus, dass eine tönende Luftlamelle einen Resonator nicht anblasen kann.

Ich zweifle nicht an der Richtigkeit der Hensen'schen Beobachtung, wohl aber an ihrer Allgemeingültigkeit, und an der Richtigkeit des gezogenen Schlusses. Mir ist bei zahlreichen Wiederholungen und Modificationen des Hensen'schen Versuches nur zuweilen ein ähnliches Resultat begegnet. Jedenfalls ist es sehr leicht, sich vom Gegentheil des Hensen'schen Satzes durch die einfachsten Versuche zu überzeugen.

Der Resonator mit Spaltrohr ist nämlich ein relativ unbequemes und unsicheres Mittel zur Hervorbringung eines Tones, wir haben aber in jeder Labialpfeife einen genau nach demselben Princip wirkenden ungleich bequemeren Apparat. Auch hier wird am Labium Luft durch einen Spalt an der Mündung eines Hohlraums vor-

---

der „Tonempfindungen" (1877. S. 182) ersehen habe, schreibt schon Helmholtz den Mundresonatoren eine ungewöhnlich starke Dämpfung zu.

1) Zeitschr. f. Biologie Bd. 28. S. 39.

2) Ebendaselbst S. 227.

beigeblasen; nur ist der Hohlraum hier in sehr passender Weise fest mit dem Spalt verbunden, indem die bewegte Luftlamelle längs einer schiefen Ebene geleitet wird, und ferner ist der Hohlraum meist parallelepipedisch oder cylindrisch statt kuglig. Bringt man nun eine Labialpfeife mit ihrem Mundstück luftdicht auf die Mündung einer Zungenpfeife, so wird sie mit Leichtigkeit jedesmal mit zum Tönen gebracht, wenn die Zunge tönt. Dabei ist es gleichgültig, ob die Labialpfeife offen oder gedeckt ist, und in welchem Verhältniss ihre Note zu derjenigen der Zunge steht. Sind beide Noten einander nahe genug, so entstehen die schönsten Schwebungen beider Töne.

Hensen behauptet auch, dass man den Resonator durch ein Spaltrohr nicht zum Tönen bringen kann, wenn man letzteres mit dem Munde anbläst, und gleichzeitig die Stimme wirken lässt, wohl aber, wenn das Anblasen stimmlos erfolgt. Auch hier zeigt die Labialpfeife das entgegengesetzte Verhalten; sie tönt, mit dem Munde angeblasen, stets, gleichgültig ob mit oder ohne Stimme.

Hensen's Satz, dass eine schwingende Luftlamelle einen Hohlraum nicht anblasen kann, ist also unrichtig, wie er auch theoretisch unverständlich sein würde; und damit fällt sein und Pipping's Einwand gegen meine Idee von der Vocalbildung.

Freilich ist bei den Versuchen mit der Labialpfeife der Ton derselben völlig continuirlich, und giebt demgemäss auch dem Zungenklange keine Annäherung an den Vocalcharacter, wenn man die Labialpfeife in der Note des Vocalformanten wählt. Wer hierin einen Einwand gegen meine Idee von der intermittirenden oder oscillirenden Anblasung der Mundhöhle erblicken will, mag es thun. Aber es ist doch gewiss näherliegend, zu erwägen, dass weder die Klänge der Zunge mit derjenigen des menschlichen Kehlkopfs identisch sind, noch der starrwandige Hohlraum eines Resonators oder einer Pfeife verglichen werden kann mit dem dick- und weichwandigen und unregelmässig geformten Munde, über dessen Dämpfungsgrad wir Nichts wissen (s. oben S. 193 f.) und dass vor Allem in den hier in Rede stehenden Versuchen eine Spalte zwischen Zunge und Resonanzraum angebracht ist, welche bei der Vocalbildung kein Analogon hat. Dass aber Spalten die vorhandenen Druckoscillationen zu amortisiren geeignet sind, darüber kann kein Zweifel sein.

Bis auf Weiteres ist also meine Idee, dass die Oscillationen

des phonischen Exspirations- (oder Inspirations-) Stromes den Mundraum zu oscillirenden Tönen bringen, nicht widerlegt. Ich wiederhole, dass ich auf dieselbe keinen grossen Werth lege und dass am wenigsten meine Auffassung der Vocale mit derselben steht und fällt.

Für die Theorie, dass der Mundresonator durch den Stimmklang continuirlich angeblasen wird, führt Helmholtz in der 4. Ausgabe seiner „Tonempfindungen" (1877, S. 184) folgendes an. Bei der Einwirkung eines Tones auf einen Resonator antwortet dieser nach der Theorie zuerst neben dem einwirkenden Tone mit seinem Eigentone, welcher aber wegen des Factors $e^{-\varepsilon t}$, worin ε die Dämpfungsconstante, schnell erlischt. Helmholtz giebt nun an, dass man beim scharfen Einsetzen eines Vocals wirklich anfangs den Mundton deutlich heraushört. Ich habe mir viele Mühe gegeben, diese Beobachtung zu bestätigen; es war mir aber nicht möglich.

6. Zur Theorie des Hörens der Vocale.

Die drei Fragen des objectiven Wesens der Schallbewegung bei den Vocalen, der Entstehung derselben, und endlich ihrer Wirkung auf das Ohr, dürfen nicht, wie Pipping es fortwährend thut, durcheinander geworfen werden. Die Lösung der ersten Frage ist, wie im vorigen Abschnitt hervorgehoben worden ist, unabhängig von derjenigen der zweiten, und ebenso der dritten.

Wenn wir das Hören der Vocale, wie ich sie auffasse, nicht erklären könnten, so müssten wir uns eben bescheiden, da wir die Leistungen des Ohres nur oberflächlich kennen, und am wenigsten kann ein ernster Einwand gegen meine Auffassung daraus entnommen werden, wenn es nicht gelingt, das Hören der Vocale aus einer verbreiteten Hypothese zu erklären.

Aus der schwachen Vertretung des Grundtons in den Vocalklängen hatte ich geschlossen, dass das Hören derselben sehr analog sei demjenigen der Unterbrechungstöne. Das Ohr nimmt die Periodik des Auftretens der anaperiodischen Oscillationen als vorherrschenden Ton wahr, und verleiht diesem Ton den Vocalcharacter, indem ausserdem der Ton der Oscillationen selbst eine Einwirkung ausübt, auch wenn er fortwährend seine Phase ändert[1]).

1) Vgl. dies Archiv Bd. 56. S. 485 ff.

Dass übrigens eine anaperiodisch unharmonische Schwingung auch nach der Helmholtz'schen Tonempfindungslehre das Ohr in ihrem specifischen Character erregen muss, unterliegt gar keinem Zweifel; denn eine solche Schwingung ist, wie ich schon beim Klavierversuch hervorgehoben habe (S. 178), stets durch eine Fourier'sche Reihe darstellbar. Dass aber die vorherrschende Empfindung die Note des in der Reihe kaum vertretenen Grundtons hat, ist aus der Helmholtz'schen Hypothese nicht erklärbar, wenn man nicht solche Annahmen hinzufügt, wie ich sie zur Erklärung der Intermittenz- und Schwebungstöne gemacht habe.

Pipping macht nun auch gegen meine Auffassung der Intermittenztöne eine Reihe von Einwänden. Gegen die, übrigens nicht zuerst von mir, sondern schon von König vertretene Idee, dass das Ohr jede Art von Periodik als Ton empfindet[1]), macht er die höchst befremdende Bemerkung (S. 539): „Hermann hat übersehen, dass überall, wo eine Periode von der Schwingungszahl n vorhanden ist, ebenfalls Perioden von den Schwingungszahlen $n/2$, $n/3$ . . . da sind. Nach seinem Gesetze müsste jeder Ton von allen seinen Untertönen begleitet sein.“ Ich kann unmöglich glauben, dass dieser Einwand ernst gemeint ist. Unter Perioden sind doch hier ganz offenbar nur regelmässige Wiederholungen gleichartiger Vorgänge, die in der Zwischenzeit nicht oder anders sind, zu verstehen. Pipping's Einwand ist genau so, als wenn Jemand behauptete, in der Tagesperiodik sei auch die Zweitagsperiodik, die Dreitagsperiodik etc. mit enthalten, und der Mensch, welcher die Tagesperiodik wahrnimmt, müsse auch ebenso unmittelbar die Wochenperiode empfinden!

Pipping selbst macht sich die Erklärung der Unterbrechungstöne ungemein leicht. Er stellt nämlich folgenden neuen Lehrsatz auf: wenn wir eine Reihe von Obertönen hören, zu welchen der Grundton fehlt, so hören wir einen Klang von der Note des Grundtons. Nichts kann der Helmholtz'schen Hypothese, welche

1) In meiner ersten Vocalarbeit, Bd. 47. S. 383, 390 habe ich diese Idee ausgesprochen ohne zu wissen, dass dieselbe schon von König geäussert worden ist (vgl. z. B. S. P. Thompson, Proceed. R. Soc. 1890. 13. Juni, p. 14. In einer späteren Arbeit, Bd. 56. S. 493 habe ich König als Vertreter dieses Gedankens ausdrücklich genannt. Uebrigens haben schon die älteren Physiker, welche die Differenztöne von Schwebungen herleiten, damit stillschweigend dieselbe Annahme gemacht.

Pipping im Uebrigen auf das Hartnäckigste verficht, mehr widersprechen als dieser Lehrsatz. Dieser Widerspruch gegen eine Hypothese würde ihn freilich für mich keineswegs umstossen; aber die von Pipping beigebrachten Beweise, welche theils auf den bekannten Täuschungen um Octaven, theils auf einem Versuch am Klavier beruhen, scheinen mir bei weitem nicht ausreichend. Wenn übrigens Pipping bemerkt, dass der Grundton in Wirklichkeit selten fehlt, weil er als Differenzton der Obertöne auftritt, so dreht er sich etwas im Kreise; denn die Differenztöne sind eben Schwebungstöne, die es zu erklären gilt; als objective Erscheinungen könnten sie selbst von Jemand, der meine betr. mathematische Beleuchtung[1]) gänzlich ignorirt, bei so schwachen Primärtönen wie die Obertöne eines Klanges unmöglich betrachtet werden. Jedenfalls hat Pipping seiner eigenen Behauptung, dass die Vocalklänge nur nach dem Princip der Fourier'schen Analyse betrachtet werden dürfen, den Boden entzogen.

Bei diesem Anlass polemisirt Pipping auch gegen meine Zahnradversuche, durch welche ich die Wahrnehmbarkeit eines fortwährend seine Phase wechselnden Tones dargethan habe[2]), obwohl diese Frage mit der Vocalfrage nur in ziemlich lockerem Zusammenhang steht. Ich bin genöthigt, auch diesen Theil der Pippingschen Arbeit zu beleuchten.

Meine Zahnräder hatten ganz gewöhnliche Zähne, wie jedes Savart'sche Zahnrad; gegen die Zähne wurden beim Rotiren die Ränder dünner Papierdüten, selten Cartonblätter, gehalten. Der Zweck des Savart'schen Rades ist bekanntlich nur, dem Papierblatt Stösse in bestimmten Intervallen zu geben. Pipping will nun die Zahnradversuche verfeinern, indem er den Scheibenrand in Form von Sinuscurven ausschneidet, und gegen diese Curven Kartenblätter hält; er will also gewissermassen das Princip der Wellensirene verwirklichen und erwartete allen Ernstes, dass das Kartenblatt sich nach dem Gesetze der Curve bewege. Natürlich hat er hier, wie vorauszusehen war, nur Enttäuschungen erlebt; seltsam aber ist, dass er meint, auch ich hätte an meinen Zahnrädern eine ähnliche Erwartung gehabt, denn er fragt (S. 542) nach der Steilheit meiner Curven, während ich gar keine Curven, sondern eben nur Zähne, nicht wesentlich anders gestaltet als in

1) Dies Archiv Bd. 49. S. 502.

2) Dies Archiv Bd. 56. S. 489 ff.

meiner schematischen Abbildung, benutzt habe, und die dünnen Papierränder nicht in die Tiefen der „Curven“ eingreifen, sondern nur die Zahnspitzen ganz leicht streifen liess. Was Pipping (S. 545) „zeigen wollte“, dass nämlich wellenförmige Einschnitte eines Scheibenrandes nicht dem Kartenblatt und der Luft ihr Gesetz mittheilen, hätte man voraussagen können.

Pipping's Zahnradversuche sind aus diesem Grunde mit den meinigen nicht gut vergleichbar; denn grade auf Stösse des Papierblattes und nicht auf Hin- und Herführung desselben kann hier viel ankommen. Pipping's Resultate weichen von den meinigen sowohl bei den *A*-Scheiben, d. h. mit Phasenwechsel, wie bei den *B*-Scheiben, d. h. ohne Phasenwechsel, ab. Ich gebe an, dass bei beiden Scheiben ausser dem Unterbrechungston, welcher dominirt, der Zahnton gehört wird; Pipping bestätigt dies nur für die *B*-Scheibe, nicht für die *A*-Scheibe; vielmehr hört er bei letzterer statt des Zahntones, der bei ihm 90 Schw. pro Umdr. hat, nur den Ton von 84 und unsicher von 96 Schw., welche der 7. und 8. Theilton des Unterbrechungsklanges sein würden. Ich hatte angegeben, dass der Zahnton der *A*-Scheiben besonders leicht gehört wird, wenn man die Sirene auslaufen lässt, oder so langsam dreht, dass der Unterbrechungston nicht mehr zu Stande kommt. Hier hat ihn nun auch Pipping offenbar gehört (S. 545), verschanzt sich aber hinter der Behauptung, dass beim Auslaufen die Zahnsirene nicht mehr gleichmässig gehe. Woher weiss er denn das? Meine in trefflich gearbeiteten Spitzenlagern gehende Zahnsirene hat eine Schwungscheibe von fast 2 Kilo Gewicht und $14\frac{1}{2}$ cm Durchmesser; wer diesen Apparat in Bewegung gesehen hat, wird lächeln, dass derselbe beim Auslaufen (die Bewegung nimmt wegen der geringen Reibung und des hohen Trägheitsmoments ungemein langsam ab) durch ein dünnes Papierblatt zu so ungleichmässigem Gange gebracht werden soll, dass man nicht die Töne zweier aufgesetzter Zahnräder durch alternirendes Berühren vergleichen kann. Ausserdem habe ich ausdrücklich angeführt, dass dieselbe Erleichterung für das Hören des Zahntones nicht nur durch das Auslaufen, sondern auch durch langsameren Motorenbetrieb erreicht werden kann.

Ich muss auch nach wiederholten Versuchen meine Angabe vollkommen aufrecht erhalten, und habe mich schon das erste Mal nicht ausschliesslich auf mein eigenes Ohr verlassen, sondern Hrn.

Dr. Neisser, damals hier Privatdocent und Assistent an der med. Klinik, welcher ein sehr feines musikalisches Gehör besitzt, hinzugezogen. Bei meinen A-Scheiben hat der Zahnton wie bei Pipping die $7^1/_2$-fache Zahl der Unterbrechungen; Pipping behauptet nur den 7. und den 8. Oberton des Unterbrechungstones gehört zu haben, welche beide um $^1/_2$ Tonstufe vom Zahnton abliegen. Genau so waren die Verhältnisse bei mir, auch ich strich, wie ich ausdrücklich angegeben habe, die gleichzeitig rotirenden Räder alternirend an, und um sich um einen halben Ton zu irren, dazu gehört schon viel. Bei meiner C-Scheibe vollends würde der Irrthum nicht einen halben, sondern einen ganzen Ton betragen haben, und das wird selbst Pipping mir nicht zutrauen.

Trotzdem hielt ich die abweichende Angabe Pipping's für wichtig genug, um die Frage noch einmal mit vollkommneren Hilfsmitteln zu untersuchen. Ich besitze eine Scheibe nach dem Schema A_8 (dies Archiv Bd. 56. S. 492, und Fig. 6, S. 490), welche 12 Perioden von je 8 Zähnen mit Phasenwechsel hat. Der Zahnabstand beträgt 4^0 (d. h. gleichmässig herumgehend würde die Scheibe 90 Zähne haben), der Periodenabstand nur 2^0. Diese Scheibe gab bei meinen früheren Versuchen ausser dem Unterbrechungston (oder Phasenwechselton) 12 sehr deutlich den Ton 90, wie die auf derselben Axe befindliche Normalscheibe von 90 Zähnen. Der Fall ist genau der Pipping'sche; Pipping behauptet aber mit aller Bestimmheit nur die Töne 84 und (weniger sicher) 96, d. h. Obertöne des Grundtons 12 gehört zu haben. Strich er nach einander eine Scheibe mit 96 Zähnen, dann eine Scheibe mit 90 (oder eine dieser Zahl entsprechende B-Scheibe), und endlich die Versuchsscheibe A an, so will er deutlich eine absteigende chromatische Tonleiter gehört haben, worin er einen besonders sicheren Beweis sieht, dass die Versuchsscheibe den Ton 84 lieferte. Ich liess nun zwei Normalscheiben mit 84, resp. 96 Zähnen anfertigen, und brachte sie mit der A-Scheibe zusammen auf die Axe (welche zugleich die Normalscheibe 90 wie immer trug). Nie und nimmer hörte ich oder hörten andere beim Anstreichen der A-Scheibe eine Uebereinstimmung mit der 84- oder 96-Scheibe, sondern immer nur mit der 90-Scheibe, und wenn man successive die 84-, die A-, und die 96-Scheibe berührt, so hört man die überzeugendste und zweifelloseste chromatische Tonleiter, die man jeden Augenblick, indem man statt der A-Scheibe die

90-Scheibe anstreicht, mit der reinen durch keinen Intermittenzton gestörten chromatischen Tonleiter vergleichen kann. Ganz besonders überzeugend, und für jedes Ohr leicht zum Urtheil führend, wird der Versuch, wenn man geringere Geschwindigkeiten nimmt, oder das Auslaufen der Sirene abwartet, wie ich schon früher hervorhob. Der Unterbrechungston ist nämlich dann viel weniger hervortretend.

Ich hoffe, Pipping wird den Versuch in dieser Form wiederholen, und sich überzeugen, dass er sich geirrt hat. Da er von vornherein Alles was dem „Ohm'schen Gesetz"[1]) widerspricht, für unmöglich zu erklären geneigt ist — denn er benutzt Abweichung von diesem Gesetz als Einwand gegen thatsächliche Angaben (S. 541) — so halte ich es nicht für ausgeschlossen, dass er bei diesen Versuchen befangen war, und sich selbst durch die anscheinend auch von ihm erhaltene Bestätigung meiner Angabe an der auslaufenden Sirene nicht überzeugen liess, sondern einen ganz unzureichenden Ausweg suchte.

Bei den *B*-Scheiben mussten die Perioden etwas ungleich gemacht werden, um ohne Phasenverschiebung die gleiche Zahl von Unterbrechungen bei gleichem Zahnabstand herzustellen. Hier soll ich nach Pipping mir selber widersprechen, weil ich nicht den Unterbrechungston der wirklichen, aus je 2 etwas ungleichen Theilen bestehenden Periode, sondern nur den der längeren Theilperiode gehört habe. Welchen Unterbrechungston hier Pipping selbst gehört hat, ist nicht klar zu ersehen, jedenfalls nicht den der ganzen Perioden. In der That drängen sich die Eindrücke der frequenteren Unterbrechungen bedeutend vor, und dass von den beiden entsprechenden, um $^1/_2$ Ton verschiedenen Unterbrechungseindrücken der tiefere dominirt, ist Thatsache. Von einem Widerspruch kann ich hier Nichts finden, vielmehr liefert die Erscheinung einen Beitrag zu dem noch wenig bekannten Verhalten des Ohres gegenüber Unterbrechungen von wechselndem Intervall. Pipping thut so, als wenn eine Unterbrechung, welche nicht genau in der Mitte zwischen zwei sonst gleichartigen Unterbrechungen liegt, ganz wirkungslos

1) Man kann es allenfalls als „Gesetz" bezeichnen, dass das Ohr aus den Klängen die Partialtöne heraushört; dass es aber den Schall nur in der Weise wahrnimmt, dass es ihn harmonisch zerlegt, ist blosse (Helmholtz'sche) Hypothese.

wäre. Offenbar werden sich diese Unterperioden um so kräftiger geltend machen, je näher sie einander gleich sind; dass Pipping, der sie absichtlich viel ungleicher machte als ich (2 : 3, bei mir 7 : 8), etwas genug Anderes hören musste als ich, liegt für jeden Ueberlegenden auf der Hand.

Ich hatte in der Frage der Klangwahrnehmung auch die Baumgarten'schen sog. „Reflexionstöne“ herangezogen[1]), welche einen Widerspruch gegen die einfache Zerlegungstheorie darstellen. Pipping hat mich hier missverstanden, wenn er meint, ich hätte diesen Widerspruch nach Pfaundler citirt; ich spreche hier meine eigene Meinung aus, und habe Pfaundler und W. Kohlrausch[2]) nur wegen ihrer Versuche citirt, welche beweisen, dass ein Stosspaar, auch in unregelmässigen Intervallen wiederholt (s. das Schema in meinem Lehrb. d. Physiologie Cap. 12 bei Gehörorgan; 10. Aufl. S. 508, Fig. 94), den dem Paare entsprechenden Ton erzeugt. Die Art wie Pipping mit dem Baumgarten'schen Phänomen umspringt, ist ungewöhnlich oberflächlich. Dem Wasserfallgeräusche könne, meint er, „mit grosser Wahrscheinlichkeit die dem gehörten Tone entsprechende Sinusbewegung als Bestandtheil zugesprochen werden“. Wer das schreibt, weiss offenbar nicht, um was es sich eigentlich handelt; warum man grade den von der Reflexionszeit abhängigen Ton hört[3]), mag er auch neben unzähligen anderen mit im Geräusch enthalten sein, warum nach Pipping's Vorstellungen grade der Ohrresonator dieses Tones vorwiegend angesprochen wird, das gilt es zu erklären. Dass ich selbst später auf Grund meiner Hypothese der Zählzellen eine Erklärung zu geben versucht habe[4]), scheint Pipping übrigens entgangen zu sein.

Bekanntlich ist es ausserordentlich schwer, wenn nicht unmöglich, die Vocalformanten unmittelbar, oder mit Resonatoren herauszuhören. Wäre die Verstärkungstheorie richtig, so müsste

---

1) Dies Archiv Bd. 53. S. 36.

2) Die den Gegenstand nur tangirende Kohlrausch'sche Mittheilung, die ich meinte, und die Pipping in Folge eines irrthümlichen Citats von mir nicht finden konnte, steht in Wiedemann's Annalen Bd. 7. S. 335.

3) Vgl. auch Müller-Pouillet's Lehrb. d. Physik. 9. Aufl. v. Pfaundler. Bd. 1. S. 731, 732.

4) Dies Archiv Bd. 56. S. 496.

dies im Gegentheil sehr leicht sein. Auch müsste dann ein Vocal zum Vorschein kommen, wenn man neben dem Grundton einen dem Mundton entsprechenden Ton erklingen lässt; nie aber gelingt es auf diesem Wege künstlich Vocale zu produciren. Auch die vielfach empfohlene Methode auf eine Pfeife einen Resonator von der Höhe des Vocalformanten zu setzen, wird Niemand befriedigen. Dies Alles spricht entschieden gegen die Verstärkungstheorie. Die Vocalformanten erklingen, wie die Curven zeigen, stets nur intermittirend, und fast stets mit anaperiodischem Phasenwechsel. Obwohl in der Phase wechselnde Töne vernehmbar sind, treten sie doch sehr zurück, und wirken mehr modificirend auf den Gesammteindruck, als sie zu einer selbstständigen Tonempfindung Anlass geben. Die wahre Characteristik des Vocals liegt eben in der anaperiodischen Erneuerung einer Formantschwingung; hierdurch entsteht ein specifischer Gehöreindruck, der sich durch Nachahmung dieses Vorganges, z. B. durch den Versuch mit der Doppelsirene, künstlich erzeugen lässt. Ob der Ton des Formanten dabei wirklich zur Wahrnehmung kommt, erscheint fraglich; die Zergliederung des Gesammteindrucks in tonartige Elemente ist kein Postulat, von dessen Erfüllung die Zulässigkeit der vorgetragenen Vorstellung irgendwie abhängen könnte.

7. Schlussbemerkungen.

Auf das linguistische Gebiet, besonders auf Versuche, die Vocale nach ihrer Verwandtschaft zu gruppiren, speciell auf die von Pipping versuchte Gruppirung[1]), gehe ich vorläufig nicht ein. Dem genannten Autor gegenüber halte ich mich überhaupt streng in der Defensive, was ich ausdrücklich hervorheben muss, weil schon meine erste ruhige und sachliche Vertheidigung zu meiner grenzenlosen Ueberraschung als ein „heftiger Angriff“ bezeichnet worden ist[2]).

Ebensowenig bin ich schon jetzt im Stande, auf die Frage der geflüsterten Vocale, und auf die interessante Theorie von Lloyd[3]) einzugehen, da ich hoffe, dass auch von dieser Erscheinung

1) In der citirten Arbeit in den Acta soc. Fennicae.

2) Zeitschr. f. Biologie Bd. 28. S. 41.

3) Phonetische Studien Bd. 3. S. 251, Bd. 4. S. 37, 183, 275.

sich mittels des Phonographen analysirbare Curven gewinnen lassen werden.

Bezüglich der lauten Vocale sei noch bemerkt, dass die sinnreiche Methode von Raps[1]), welche auf einer Idee von Boltzmann und Töpler beruht, die Möglichkeit in Aussicht stellt, die Sprachlaute ohne jede Benutzung einer vibrirenden Platte oder Membran in Curven darzustellen; dies wäre das Ideal eines Untersuchungsverfahrens. Die bisher auf diesem Wege gewonnenen Curven sind leider für exacte Messung noch nicht scharf genug. Immerhin freue ich mich constatiren zu können, dass die Ergebnisse von Raps, welche übrigens nur auf Auszählung oder Proportionalmessung beruhen, in Bezug auf *A* genau mit den meinigen übereinstimmen, für *U* nahezu, für *O* nicht. Andere Vocale sind vom Vf. nicht untersucht.

---

1) Ann. d. Physik. N. F. Bd. 50. S. 193. Auch als Habilitationsschrift, Berlin 1892.

(Aus dem physiologischen Institut zu Königsberg i. Pr.)

Beiträge zur Physiologie des inneren Ohres.

Von

Dr. med. **H. Strehl.**

(Enthält zugleich Beobachtungen von
L. Hermann, Fr. Matthias, M. Podack, P. Junius.)

Im Folgenden soll kurz über Untersuchungen berichtet werden, welche seit einer Reihe von Jahren auf Veranlassung und unter Leitung des Herrn Geheimrath Hermann ausgeführt worden sind, und an welchen ausser mir zeitweise auch andere Herren, besonders Herr Dr. Fr. Matthias, betheiligt waren.

1. Die Schallreactionen an labyrinthlosen Tauben, sowie an taubstummen Menschen.

Die höchst merkwürdige Beobachtung von J. R. Ewald[1]), sowie von Fano & Masini[2]), dass labyrinthlose Tauben noch auf Schall reagiren, würde, wenn sie auf Erregung des Acusticusstammes durch Schall beruhte, mit verbreiteten Vorstellungen über allgemeine Nervenreize und specifische Sinnesreize in Conflict kommen, und ist daher vielfach mit grossem Misstrauen aufgenommen worden. Am weitesten ist wohl in dieser Richtung Matte[3]) gegangen, welcher einfach die Thatsache bestreitet, indem er die Reflexe auf Schüsse als einzig sicheren Beweis der Schallwahrnehmung anerkennt, diese Reflexe aber bei der labyrinthlosen Taube vermisst. Das andere Extrem der Ansicht findet sich bei Wundt[4]), welcher geradezu auch das normale Hören von directer

---

1) Berliner klin. Wochenschr. 1890. Nr. 32. Physiologische Untersuchungen über den Nervus octavus. Wiesbaden 1892. S. 24.

2) Centralbl. f. Physiol. Bd. 4. S. 25. 1891.

3) Dies Archiv Bd. 57. S. 437; s. auch Bernstein, ebendaselbst S. 475.

4) Philosophische Studien Bd. 8. S. 641, Bd. 9. S. 496.

Nervenfasererregung ableiten und den specifischen Endorganen nur eine klanganalytische Bedeutung zuerkennen will.

Die ersten hiesigen Beobachtungen in der vorliegenden Frage wurden von den Herren Hermann und Matthias im Sommer 1893 an einer von Herrn Prof. Ewald operirten und liebenswürdiger Weise nach Königsberg gesandten labyrinthlosen Taube gemacht, welche über 9 Monate lang im Institute lebte. (Eine gleichzeitig eingesandte einseitig labyrinthlose Taube lebt noch jetzt, Mai 1895.)

Seitdem hat zuerst Herr Dr. Matthias, nachdem die von Ewald empfohlenen experimentellen Hülfsmittel beschafft waren, im Februar und März sowie im September 1894 einer Anzahl Tauben beide Labyrinthe exstirpirt; auch von diesen war eine im Februar 1894 operirte bis vor Kurzem am Leben. Endlich habe auch ich selbst im letzten Wintersemester mehrfach die Operation mit Erfolg ausgeführt. Eine beiderseits von mir operirte Taube lebt ebenfalls noch jetzt (Mai 1895).

Es sei hier bemerkt, dass die von Ewald vorgeschriebenen complicirten Proceduren, mögen sie auch theilweise zuerst wie übertrieben ängstlich erscheinen, sich als unentbehrlich herausgestellt haben, und dass wir keinen Theil des Instrumentariums, weder den Taubenhalter noch die Westien'sche Lupe, die Instrumente zum Aufbrechen des Schädels, den Galvanocauter etc. entbehren möchten, wie auch die übrigen Vorschriften, bezüglich der Fütterung u. dgl., sich als sehr zweckmässig bewährt haben. Statt der Beleuchtung mit Lampe und Spiegel benutze ich neuerdings eine an der Westien'schen Lupe angebrachte kleine Glühlampe, welche mit einem kleinen Accumulator betrieben wird.

An der Ewald'schen labyrinthlosen Taube haben die oben genannten Herren 4 Tage nach Ankunft des Thieres, d. h. am 10. Juli 1893, mehrfach zweifellose Reaction auf Rufen, z. B. Uh, beobachtet. In späteren Versuchen, besonders mit Schüssen (Zündhütchen verschiedenen, zum Theil sehr grossen Kalibers) trat dagegen meist Versagen ein, jedoch war damals das Versuchsziel ein anderes, und es wurde daher auf diese negativen Ergebnisse, welche auch an den von Herrn Dr. Matthias operirten Thieren verzeichnet wurden, kein besonderer Werth gelegt, sondern die genauere Prüfung dieses Punktes einer späteren Zeit vorbehalten. Wäre aber damals Anlass zu einer öffentlichen Aeusserung

gewesen, so würde sie überwiegend negativ ausgefallen sein, ähnlich der späteren von Matte.

Als ich selber endlich die im Institut vorhandenen, theils von Matthias, theils von mir operirten labyrinthlosen Tauben auf Schallreactionen untersuchte, gelangte ich bald zu durchaus sicheren und regelmässigen Ergebnissen, auch an denjenigen Thieren, an welchen früher negative Resultate erhalten worden waren. Der Gesichtssinn war bei allen meinen Versuchen durch die Ewald'sche Kopfkappe ausgeschlossen, was für das Gelingen sehr wesentlich ist. Auf Schüsse erhält man allerdings fast niemals eine deutliche Reaction, wohl aber auf Töne, besonders solche von Lippen- oder Zungenpfeifen[1]).

Die Reaction besteht nicht in dem wohl meist erwarteten Zusammenschrecken, sondern hat einen ganz anderen, und zwar sehr regelmässigen Character. Sie tritt bei Tage ebensogut wie in der Stille der Nacht ein; ich fand es nicht nöthig, wie die Herren Hermann und Matthias auf Grund einer Angabe Ewald's häufig gethan hatten, die Nachtruhe zur Beobachtung einer Reaction zu opfern.

Das Thier reckt auf jeden Schall der angegebenen Art in höchst characteristischer Weise Hals und Kopf vor und in die Höhe, unter leichtem Hin- und Herschütteln. Die Bewegung hat durchaus nicht den Anschein eines erschrockenen Zusammenfahrens sondern eher einer Reaction auf eine unangenehme Empfindung. Auch sind grade plötzliche, kurz vorübergehende, selbst sehr heftige, knallartige Schalle, wie Schüsse, Händeklatschen, Hammerschläge, wie schon bemerkt, ohne Wirkung.

Der Schall braucht weder sehr heftig noch sehr nahe zu sein, um die erwähnte Reaction hervorzurufen; man kann sie mit einer Pfeife, Telephontrompete u. dgl. vom Nachbarzimmer aus bewirken, wenn die Thür nicht völlig geschlossen ist. Der Einwand, dass der zum Anblasen der Pfeife dienende Luftstrom das Thier direct treffe, wird schon hierdurch ausgeschlossen, noch besser freilich durch besonders von mir angestellte Versuche. Die

1) Die Thatsache, dass auf Schüsse keine sichere Reaction auftritt, haben wir schon vor dem Erscheinen von Ewald's letzter Publication, welche denselben Umstand hervorhebt (dies Archiv Bd. 59. S. 271), constatirt.

Reaction blieb nicht aus, wenn zwischen Taube und Pfeife ein grosser Schirm aufgestellt wurde, und liess sich andrerseits durch directes schallloses Blasen durch eine Kautschuk- oder Papprröhre nicht hervorrufen, selbst wenn der Luftstrom das Thier direct und aus nächster Nähe traf.

Unzweifelhaft also reagiren labyrinthlose Tauben auf gewisse vibrirende tonerzeugende Bewegungen. Die zweite Frage ist, ob diese Reaction wirklich auf einer Erregung der Acusticusstümpfe beruht, wie Ewald behauptet.

An sich wäre eine solche Erklärung für diejenigen Physiologen nichts Unerhörtes, welche überhaupt die Schallerregung auf eine „mechanische Tetanisirung" der Nervenenden zurückführen wollen, also auf einen allgemeinen Nervenreiz, für den sie allerdings den Nervenendigungen einen höheren, specifischen Grad von Erregbarkeit zuschreiben. Aber Ewald's Beweis für seine Erklärung hat eine sehr schwache Seite. Er behauptet nämlich, dass, wenn man die Acusticusstümpfe durch Einbringen von Arsenikpaste oder Krotonöl in die Knochenkanäle zerstört, die Schallreaction verhindert wird. Durch diese Operation kann doch wohl nicht der ganze centrale Rest der Acusticusfasern vernichtet werden; wenigstens ist nicht bekannt, dass caustische Zerstörung eines Nervenabschnittes auch den nicht direct betroffenen Rest des Nerven afficirt. Beruht aber die Zerstörung auf Ausbreitung des Aetzmittels selbst bis zu den centralen Enden des Nerven, dann würde eine so intensive Hirnläsion vorliegen, dass ein Functionsausfall irgend welcher Art nichts für Localisirung der Function beweisen würde. Warum aber die in der Hirnsubstanz liegenden Acusticusreste nicht eben so gut vom Schall gereizt werden sollen, wie die in den Knochenkanälen liegenden, ist nicht recht zu verstehen[1]). Ein noch ernsterer Einwand liegt in dem Umstande, dass die Schallreaction noch viele Monate nach der Labyrinthexstirpation beobachtet wird, ja sogar, wie es mir nach meinen

1) Ewald hat neuerdings angegeben (dies Archiv Bd. 59. S. 274), dass ihm der Aetzversuch nicht mehr gelingt, also vielleicht überhaupt nur einmal oder wenigstens in sehr wenigen Fällen gelungen ist. Dieser Umstand scheint mir um so mehr ein Hinderniss, ihm eine entscheidende Bedeutung in einer so fundamentalen Frage beizulegen.

Versuchen scheint, mit der Zeit sicherer und energischer, während man doch annehmen muss, dass die centralen Acusticusstümpfe nach Abtrennung ihres Spinalganglions der Degeneration anheimfallen, wie andere sensible Nerven [1]; als Spinalganglion des Acusticus wird aber für den Schneckenast das Ganglion spirale betrachtet; mag auch für den Vestibularast das trophische Centrum mehr central liegen, die Vestibularnerven also nach Labyrinthexstirpation möglicherweise von der Degeneration verschont bleiben: hier handelt es sich um die das Hören vermittelnden Nervenfasern, d. h. nach Ewald um die Schneckennerven. Ueber ihre Degeneration kann kein Zweifel sein.

An einigen Gehirnen von Tauben, deren Labyrinth längere Zeit vor dem Tode exstirpirt war, habe ich den centralen Verlauf des Acusticus auf degenerirte Fasern untersucht, und glaube in der That solche gefunden zu haben; da aber eine umfassendere Feststellung wünschenswerth erschien, so hat Herr Privatdocent Dr. Askanazy ein solches Gehirn zu untersuchen sich freundlichst bereit erklärt; über das Ergebniss wird nachträglich berichtet werden.

Ist nun wirklich eine Ableitung der Schallreaction von Empfindungen, welche durch andere Nerven als die Acustici vermittelt werden, ausgeschlossen? Ewald giebt an, dass die labyrinthlosen Tauben noch reagiren, wenn man ihnen die Trommelfelle zerstört, die Federn abschneidet, und sie auf Watte stellt. Ich kann alle diese Angaben, soweit ich sie prüfen konnte, bestätigen, halte sie aber keineswegs für entscheidend.

Dass vor Allem Schallschwingungen im Stande sind, vom Tastsinn empfunden zu werden, ist aus zahlreichen Erfahrungen bekannt. Je directer die Hand mit dem schwingenden Körper verbunden ist, um so lebhafter ist die vibratorische Empfindung. Sehr bemerkenswerth sind z. B. folgende, theils von Herrn Prof. Hermann, theils von mir selbst gemachte Beobachtungen. Wird eine auf einem Resonanzkasten befestigte Stimmgabel angeschlagen oder angestrichen, so fühlt man die Schwingungen sehr deutlich, wenn man die Finger an den Resonanzkasten hält. Je tiefer die Gabel,

---

1) Dieser Einwand, auf den Herr Prof. Hermann mich schon im Beginn meiner Arbeit im J. 1891 aufmerksam gemacht hat, ist seitdem in der im Sommer 1894 erschienenen Arbeit von Matte ausführlich entwickelt.

um so kräftiger ist die Empfindung. Sitzt man auf einem Stuhl, so fühlt man seine eigene Stimme deutlich an der Lehne, sobald man sich anlehnt, besonders auch an der Seitenlehne eines Schreibtischsessels, sobald man denselben hinten mit dem Rücken berührt; es ist der Fremitus pectoralis, welcher sich dem Holz mittheilt. Aber auch durch die Luft fortgepflanzte Schwingungen setzen geeignete Körper in leicht fühlbare Mitschwingung. An der Membran eines König'schen Phonautographen fühle ich, sowie Hr. Prof. Hermann, in geschlossenen Räumen Männerstimmen, besonders Vocal *I*, bis über 8, eine Zungenpfeife c^2 bis über 31 Meter! Das Läuten grosser Kirchenglocken, welche 2 m über dem Erdboden aufgestellt sind, fühle ich an einem über einen Rahmen gespannten Papierblatt im Freien bis 25 m, und unmittelbar an meinem Körper noch viel weiter.

Sehr bemerkenswerth ist, dass beim Fühlen von Stimmgabeln die directeste Zuleitung der Schwingungen nicht immer die günstigste ist. Beispielsweise finde ich, dass eine angeschlagene Stimmgabel viel deutlicher gefühlt wird, wenn man ihren Stiel auf die mit dicker Kleidung bedeckte Brust setzt, als wenn man sie auf die nackte Brust oder auf den Kopf hält. Ebenso fühlt man die Vibrationen einer angeschlagenen c^1-Stimmgabel (Ut_3) nicht so gut, wenn man ihren Stiel auf die nackte Fingerkuppe hält, als wenn sich zwischen Finger und Gabel ein zusammengelegtes Handtuch oder eine mehrfache Wattelage befindet. Im letzteren Falle fühlt man das Schwirren noch sehr deutlich, wenn die Schwingungen so weit verklungen sind, dass man sie bei diesem Abstande vom Ohre nicht mehr deutlich hört.

Wie wenig dicke Wattelagen die Mittheilung von Schwingungen hindern, habe ich bei Microphonversuchen constatirt, welche ich angestellt habe als Vorversuche zur acustischen Isolation des Taubenkörpers. Verwendet wurde ein Microphon neuerer Construction, wie es zum Telephonverkehr benutzt wird, bestehend aus 4 von Filzringen umfassten Kohlengrusslagern zwischen zwei Kohleplatten. Der von einem Daniell gelieferte, durch das Microphon gehende Strom wurde einer primären Spirale zugeleitet, und die secundäre Spirale war mit einem in einem entfernten Zimmer befindlichen Siemens-Telephon verbunden; letzteres war durch eine Nebenschliessung (du-Bois'scher Schlüssel) absperrbar, um leise Töne sicherer zu constatiren. Pfeifentöne hört man

in diesem Falle am lautesten, wenn das Microphon auf der nackten Tischplatte liegt, weniger laut, wenn es frei schwebt, oder auf eine dicke auf den Tisch gelegte Watteschicht gebracht wird, aber man hört auch dann noch zweifellos, wenn auch sehr schwach, wenn das Microphon in dicke Watte ganz eingepackt, und so in einen mit Kautschuk bedeckten Cylinder gesteckt wird. Das Microphon dürfte ein Apparat genannt werden können, welcher bezüglich der Wahrnehmung von Vibrationen zwischen der fühlenden Fingerkuppe und dem Ohre steht.

So gering die Aussicht war, durch mechanische Isolation die Schwingungen von irgend einem Körpertheil der Taube völlig abzuhalten, musste sich doch durch Erschwerung der Zuleitung, entweder zum Kopf oder zum Körper der labyrinthlosen Taube, eine Andeutung ergeben, welcher der beiden Theile die Reaction hauptsächlich vermittelt. Da Einpackungen des Kopfes sich schon deswegen verbieten, weil an ihm die Reaction fast allein beobachtet werden kann, konnte es sich nur um Erschwerung der Zuleitung zum Körper handeln. Ich benutzte dazu Einpackung in Watte und Versenken in Oel. In den ersteren Versuchen befand sich das Thier in einem an der Decke aufgehängten und durch einige am Fussboden befestigte Fäden an Drehungen verhinderten Drahtkäfig, dessen Boden mit Watte ausgelegt war, über welche ein Stück Baumwollenstoff gespannt ist. Für die Reactionen zeigte es sich nun ganz zweifellos von entscheidendem Einfluss, ob der Körper mit Ausschluss des Kopfes mit Watte eingepackt war oder nicht. Im letzteren Falle reagirte die Taube regelmässig auf grosse Entfernungen, im ersteren entweder überhaupt nicht, oder nur aus allernächster Nähe. Da die Schallwellen den Kopf in beiden Fällen gleich gut erreichen, so ist es zum mindesten höchst unwahrscheinlich, dass die Reaction auf Erregung der Acusticusstümpfe beruht. Dasselbe Resultat hatten die Oelversuche. Ein sehr grosses cylindrisches Glasgefäss von 80 cm innerer Höhe und 30 cm innerem Durchmesser wurde zum grösseren Theil mit zimmerwarmem Wasser, und darüber 15 cm hoch mit ebenfalls zimmerwarmem Maschinenöl gefüllt. Die Taube wurde (mit Kopfkappe) mit zusammengebundenen Flügeln in das Oel eingelegt, in welchem sie sich schwimmend hält, und zwar in normaler Haltung, wenn der Schwanz durch ein Gewicht von 10 gr beschwert ist. Der Kopf wurde mittels eines Fadens an einem über

den Rand des Gefässes gelegten Holzstabe befestigt. Im Freien ähnlich gebunden und befestigt reagirt das Thier wie gewöhnlich auf grosse Entfernungen, im Oel dagegen nur, wenn der Schall in unmittelbarster Nähe erzeugt wird. Dieser Versuch führt zu demselben Schlusse, wie der Einpackungsversuch. Wiederholte Oelversuche schädigen, beiläufig bemerkt, die Tauben dauernd.

Besonders gut reagiren die Tauben, wenn man sie auf ein an Drähten aufgehängtes dünnes Brett von Cigarrenkistenholz stellt. Sie reagiren hier am stärksten, wenn man mit einem schwingenden Körper, z. B. einer angeschlagenen grösseren Stimmgabel, das Brett von unten her berührt, sei es mit dem Stiel, sei es, was besonders wirksam ist, mit einer Zinke. Die Reaction besteht immer in dem schon beschriebenen characteristischen Erheben und Schütteln des Kopfes. Legt man dicke Watteschichten unter die Füsse, so hat dies zwar einen schwächenden Einfluss auf die Reaction, verhindert sie aber nicht.

Diese Erfahrungen begünstigen die Vermuthung, dass die Schallreaction labyrinthloser Tauben auf einer tactilen Wahrnehmung der vibrirenden Bewegung beruht, vielleicht auf einer dem Thiere unangenehmen oder es erschreckenden Kitzelempfindung. Beachtung verdient übrigens, dass die Luftsäcke der Taube möglicherweise die Einwirkung von Vibrationen auf das Gefühl sehr begünstigen.

Es lag nahe, den Gedanken der tactilen Schallwahrnehmung auch an taubstummen Menschen zu prüfen, welche über ihre Wahrnehmungen Aufschluss geben können. Ich liess daher die beiden taubsten Schüler einer der hiesigen Taubstummenanstalten[1]) in das Institut kommen; sie wurden von einem Lehrer begleitet, welcher sich ausgezeichnet mit ihnen verständigen konnte. Der eine Knabe A. B. ist 13 Jahre alt, und seit dem 7. Jahre gänzlich taub, der zweite G. W. 12 Jahre alt, gänzlich taub seit dem 3. Lebensjahre.

Beide Schüler, mit wollenen Strümpfen und Stiefeln, stehen etwa 2 Meter vom Untersuchenden mit abgewandtem Gesicht auf dem Fussboden, und haben bei mehrmaligem Anblasen einer Zungen-, resp. Lippenpfeife, die Zahl der wahrgenommenen Töne anzugeben. Die Zahl wird für die Zungenpfeife von beiden richtig angegeben; beide behaupten in vielen Fällen, aber nicht durchweg, die Empfin-

1) Dieselbe hat etwa 90 Schüler.

dung in den Füssen zu haben. Die Lippenpfeife wird von B. nicht, von W. richtig wahrgenommen.

Weitere Versuche wurden mit begünstigter Zuleitung vorgenommen, indem die Knaben mit blossen Füssen auf einem Tisch standen. Bei beiden Verfahren werden von W. stets richtige Angaben gemacht, von B. sehr unsichere und oft falsche. W. empfand den Schall auch bei erschwerter tactiler Zuleitung, indem er in einen an der Decke aufgehängten gepolsterten Riemen gesetzt wurde, den er mit den Händen nicht anfassen durfte.

W. nimmt überhaupt besser wahr als B., der einen etwas stumpfsinnigen Eindruck macht. Werden Zündhütchen durch Hammerschläge auf einem Ambos verknallt, wobei in der Regel einige Schläge versagen, so geben beide die Zahl der Hammerschläge richtig an, W. empfindet ausserdem den letzten, die Explosion erzeugenden, stärker als die Fehlschläge. Auf die Frage, mit welchem Körpertheil die Schläge wahrgenommen werden, werden zuweilen die Füsse, häufiger aber die Kopfgegend hinter den Ohren, oder auch nur ein Ohr bezeichnet.

Der begleitende Taubstummenlehrer giebt an, dass die Schüler weit feinfühliger sind als er. Wenn beim Unterricht ein Wagen durch die vom Gebäude etwas entfernte Strasse fährt, den er weder hört noch fühlt, so sehen sich die Schüler nach demselben um[1]). Aehnlich wie bei Blinden scheint auch bei Tauben der Tastsinn sich zu verfeinern, wenn auch in anderer Richtung. Dass auch die labyrinthlosen Tauben Schallreactionen lange Zeit nach der Operation sicherer zeigen, als in den ersten Wochen, habe ich schon erwähnt.

Beide Schüler waren schon $1^1/_2$ Jahre vorher bei einer Gesammtuntersuchung (s. unten) auf Drehschwindel und galvanischen Schwindel geprüft worden, und diese Prüfung wurde jetzt wiederholt. B. zeigte damals und jetzt Drehschwindel und rotatorischen Nystagmus; der galvanische Schwindel und Nystagmus war früher vermisst worden, war aber jetzt vorhanden. W. hatte beide Male auf dem Drehstuhl weder Schwindel noch Nystagmus; der galvanische Schwindel hatte früher gefehlt, während Nystagmus aufgetreten war; jetzt war beides vorhanden. Diese Verschiedenheit

1) Ein anderer hierüber befragter Taubstummenlehrer hat hiervon nichts bemerkt, was vorsichtshalber ausdrücklich erwähnt wird.

des Ergebnisses in $1^1/_2$jährigem Intervall scheint mir von grossem Interesse.

Auch aus der zweiten hiesigen Taubstummenanstalt liess ich die beiden taubsten Schüler in das Institut kommen, einen 15jährigen Knaben C. W., seit dem 1. Lebensjahre taub, und ein 13jähriges Mädchen A. W., seit dem 8. Jahre taub. Der Knabe empfindet, auch im Riemen sitzend, Pfeifentöne regelmässig; als Ort der Empfindung giebt er die Gegend hinter dem Ohre an. Schüsse nimmt er auch entfernt wahr, wie, ist nicht festzustellen. Das Mädchen empfindet nur tiefe Pfeifentöne. Ein Schuss in der Nähe macht ihr Schmerz im Ohr, aber keine eigentliche Schallempfindung; in der Entfernung (Nebenzimmer) nimmt sie Nichts davon wahr.

Die Untersuchung auf Drehschwindel giebt bei beiden positive Resultate. Galvanischen Schwindel zeigt nur der Knabe, Nystagmus beide. Das Mädchen war schon vor $1^1/_2$ Jahren untersucht worden, und hatte damals auch galvanischen Schwindel gezeigt.

Im Ganzen schliesse ich aus meinen Versuchen, dass es keineswegs nachgewiesen ist, dass die Schallempfindungen bei Labyrinthmangel von den Acusticusstümpfen herrühren. Vielmehr erscheint es sehr wohl möglich, dass es sich nur um tactile Empfindungen handelt, für welche vielleicht eine grössere Erregbarkeit sich anerzogen hat.

Neuerdings hat Ewald[1]), veranlasst durch die Veröffentlichungen von Matte und Bernstein, sich noch einmal über die vorliegende Frage geäussert. Neben manchen Bemerkungen, welche mit unseren Ergebnissen völlig übereinstimmen, enthält diese Abhandlung eine Anzahl abweichender Angaben. So behauptet Ewald, dass die Tauben auf Anstreichen der Unterlage mit dem Violinbogen nicht reagiren; dieser Widerspruch löst sich vielleicht dadurch, dass Ewald nur solide Tischplatten, ich aber auch dünne Grundbretter angestrichen habe. Eine weit stärkere Differenz liegt in dem Umstande, dass die Reactionen bei Ewald nur Nachts, bei mir aber ausgezeichnet und regelmässig auch am Tage auftraten. Dies könnte dem Gedanken Raum geben, dass es sich bei den beiderseitigen Beobachtungen um verschiedene Arten der Reaction handelt, und Ewald die von mir beschriebene characte-

1) Dies Archiv Bd. 59. S. 258.

ristische Vibrations-Reaction nicht beobachtet hat, wir aber nicht dasjenige, was ihm als Schallreaction erscheint. Auch davon, dass die Reaction noch viele Monate nach der Exstirpation des Labyrinthes, ja weit sicherer als anfangs auftritt, findet sich bei Ewald Nichts. Er hat schon am Abend nach der Operation die Reaction festgestellt. Dass er sie freilich auch in späteren Zeiten nicht vermisste, folgt schon aus dem Umstande, dass er solche Tauben Monate nach der Operation zur Constatirung der Schallreaction versandte. Die unserm Institut am 6. Juli 1894 zugegangene Taube war z. B. rechts am 13. April, links am 29. Mai operirt. Um so mehr darf ich mein Befremden aussprechen, dass Ewald gegen den schon von Matte erhobenen Einwand der Degeneration nur das anführt, dass die Schallreaction schon am Abend nach der Exstirpation vorhanden ist.

Bei einem so zuverlässigen Beobachter wie Ewald muss ich immerhin die Möglichkeit anerkennen, dass wir, wie schon angedeutet, vielleicht ganz verschiedene Erscheinungen als Schallreaction betrachten. Die von mir beobachtete ist aber unzweifelhaft zu einer Zeit vorhanden, wo die Acusticusreste degenerirt sein müssen, und aus den erwähnten Zeitangaben scheint hervorzugehen, dass dies auch für Ewald's Schallreaction angenommen werden muss.

2. Ueber den angeblichen Zusammenhang des galvanischen Schwindels mit dem Labyrinth.

Während im hiesigen Institut Ewald's Angaben über das Verhalten labyrinthloser Tauben in fast allen Beziehungen, theils an den von ihm eingesandten, theils an den hier operirten Thieren bestätigt worden sind, besteht eine wesentliche Differenz hinsichtlich der Reaction auf transversale Kopfdurchströmung. Ich habe die Frage ihres Zusammenhanges mit den Bogengängen in zahlreichen Versuchen an Fröschen, Tauben und Menschen, welche bis in das Jahr 1892 zurückreichen, bearbeitet, und will im Folgenden die Ergebnisse kurz mittheilen.

Frösche, auf einer Platte sitzend, zeigen auf mässige Ströme (2 kleine Chromsäure-Elemente), welche man mittels kleiner in die Trommelfelle eingehakter Drahtösen durch den Kopf leitet, regel-

mässig Torsion des Kopfes und des vorderen Theiles der Wirbelsäule nach der Anode. Die Labyrinthe exstirpirte ich zum Theil nach Schrader's Vorgang von der Mundhöhle aus, häufiger aber nach folgendem etwas bequemeren Verfahren, von aussen her. Ich spaltete die Haut über dem Os petrosum von einem Trommelfell bis zum anderen, dann machte ich einen Medianschnitt, bog die entstandenen vier Hautlappen zurück und beschwerte sie durch herabhängende kleine Klemmen, da sie bei Bewegungen des Frosches, der auf dem Bauche liegend angebunden ist, leicht zurückklappen. In diesem so entstandenen viereckigen Felde sieht man vor sich zuerst die Fascie; diese wird vorsichtig entfernt, ohne die darunter liegende und durchschimmernde Arteria occipitalis zu verletzen. Dann wird die Arterie durchschnitten, nachdem man sie durch Compression neben der Wirbelsäule blutleer gemacht hat. Doch da es unbequem ist, während der ganzen Operation mit der einen Hand zu comprimiren, und die Blutung bisweilen am anderen Ende der Arterie noch störend auftritt, ist es besser, die Blutung mit dem Galvanocauter zu stillen. Dann löst man den Musculus temporalis von seiner oberen Insertion ab, klappt ihn zurück und hat so das Felsenbein vor sich liegen. Nachdem man sich am knöchernen Präparat genügend orientirt hat, bohrt man mit der Messerspitze eine Oeffnung in das Felsenbein und erweitert diese, bis man bequem mit einer kleinen Pincette eingehen kann. Es ist zweckmässig, zuerst mit einer Nadel das Otolithen-Säckchen zu öffnen und mit einer fein gezogenen Glasröhre die Otolithen-Kryställchen herauszusaugen und dann erst mit der Pincette das Labyrinth zu fassen. Man überzeugt sich davon, ob das ganze Labyrinth entfernt ist, dadurch, dass man in einem Uhrschälchen in Wasser genau untersucht, ob es vollständig ist. Nur in diesem Falle wurde die Exstirpation als gelungen betrachtet. Nachdem auf der anderen Seite ebenfalls das Labyrinth exstirpirt war, wurden die Musculi temporales wieder an den Knochen herangelegt, die Fascie darüber, und dann die Hautlappen durch mehrere Knopfnähte wieder vereinigt.

Ein beiderseits operirter Frosch reagirt sicher auf den galvanischen Strom, vielleicht noch stärker als ein gesunder. Ein auf einer Seite frisch operirter Frosch reagirt ebenso constant auf den Strom wie ein normaler, doch scheint die Bewegung lebhafter zu sein, wenn die Cathode an der operirten Seite liegt.

An der von Ewald unserm Institut freundlichst zugesandten beiderseits labyrinthlosen Taube hatte schon Herr Prof. Hermann in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Matthias Versuche über galvanische Reaction angestellt. Zu denselben diente ein von Herrn Prof. Hermann angefertigter sehr leichter und einfacher Electrodenhalter von folgender Construction. Ein federnder Eisendraht ist halbkreisförmig so gebogen, dass er um den Kopf der Taube herumgeht; das eine Ende ist rechtwinklig in frontaler Richtung nach innen umgebogen, so dass es in das eine Ohr gesteckt werden kann, und endet knopfförmig; das andere Ende ist um ein Holzpflöckchen herumgewunden, welches ebenfalls frontal steht, und durch welches ein kurzes ebenfalls knopfförmiges Eisendrähtchen gesteckt ist. Von den beiden dünnen kupfernen Zuleitungsdrähten ist der eine an das letztgenannte Eisendrähtchen, der andere an den Bügeldraht selbst, an dessen Umbiegungsstelle gelöthet. In beide Gehörgänge werden winzige mit Kochsalzlösung getränkte Schwämmchen gesteckt, in welche die beiden knopfförmigen Drahtenden federnd sich eindrücken. Der Bügel liegt stets tadellos fest.

Die Tauben stehen meist, mit der Ewald'schen Kopfkappe versehen, frei auf dem Tisch; zuweilen wurden sie auch in ein Handtuch eingewickelt, das nur den Kopf frei liess, beobachtet. Sowohl an der Ewald'schen Taube wie an den von Herrn Dr. Matthias und von mir operirten Thieren wurde regelmässig Neigen des Kopfes nach der Anodenseite beobachtet, und es bedurfte hierzu durchaus keiner stärkeren Ströme als bei gesunden. An der von Herrn Professor Ewald hierher gesandten einseitig labyrinthlosen Taube trat die Reaction etwas stärker ein, wenn die Cathode auf der unverletzten Seite, als wenn sie auf der verletzten lag, fehlte aber auch in diesem Falle nicht. Auch bei der Oeffnung, besonders nach längerer Schliessung, sieht man oft die Gegenreaction nach der Cathode[1]. Die Stromrichtung lässt sich aus den Reactionen stets mit Sicherheit entnehmen.

---

1) Hinsichtlich der Gegenwirkung bei der Oeffnung macht Ewald (N. octavus S. 238) die Bemerkung, die Polarisation sei dabei betheiligt, weil die Gegenwirkung bei Anwendung unpolarisirbarer Electroden geringer ausfällt. Hier liegt anscheinend ein Irrthum zu Grunde. Polarisation an den Electroden könnte höchstens dann einen Einfluss haben, wenn die Oeffnung jenseits einer Nebenschliessung stattfände, so dass der Polari-

Dies einfache, oft constatirte Resultat steht nun anscheinend zu Ewald's Angaben in directem Gegensatz. Derselbe beobachtete erstens an labyrinthlosen Tauben auch mit den stärksten Strömen niemals die Reaction (N. octavus S. 232), sondern nur Zuckungen des Kopfes und anderer Muskeln, bei denen er von einer orientirten Bewegung Nichts angiebt, zweitens an einseitig labyrinthlosen Tauben (S. 233) nur dann die gewöhnliche Reaction, wenn die Cathode am gesunden Ohre liegt; im anderen Falle „kommt keine starke Kopfneigung mehr zu Stande". Aus dieser Ausdrucksweise ist zu entnehmen, dass doch auch hier Kopfneigung beobachtet wurde, so dass eine Differenz gegen unsern Befund hier kaum vorhanden scheint. Vermuthlich erklärt Ewald diese Reaction als „Anodenhemmungswirkung" auf das noch vorhandene Labyrinth.

Die „Nebenreaction", von welcher Ewald spricht (z. B. S. 235), kann nicht zur Erklärung unsrer Befunde herangezogen werden, da sie nach Ewald keine orientirte zu sein scheint. Wäre sie das, d. h. macht das Thier auch durch Reizung anderer Theile als Labyrinth und Acusticus Bewegungen nach der Anodenseite, so wäre jedenfalls der Behauptung, dass die eigentliche Reaction auf Labyrinthreizung beruht, der Boden fast entzogen.

Die zahlreichen feinen und sinnreich modificirten Versuche Ewald's mit Anbringung nur Einer Electrode am Ohr, sowie mit Anbringung beider Electroden an einem Labyrinth, oder Theilen desselben, enthalten bei näherer Prüfung keinen entscheidenden Beweis für die behauptete Beziehung der Reaction zum Labyrinth. Denn nirgends ist die Mitdurchströmung des Gehirns völlig ausgeschlossen. Etwas anderes wäre es, wenn es Ewald gelungen wäre, durch localisirte Reizung einzelner Bogengänge oder Ampullen Bewegungen in den Ebenen derselben hervorzurufen, was aber nicht der Fall ist; im Gegentheil tritt er den bezüglichen Behauptungen Breuer's entschieden entgegen. Er giebt selbst an, dass in diesen Versuchen stets das ganze Labyrinth gereizt wurde, und es ist nur hinzuzusetzen, dass stets auch das Gehirn Strom-

---

sationsstrom sich durch den Kopf abgleichen kann; von einer Nebenschliessung spricht aber Ewald nicht. Handelt es sich aber um innere Polarisation in den Organen, so muss es gleichgültig sein, ob die Electroden polarisirbar sind oder nicht.

antheile erhalten musste. So beantwortet sich auch sehr einfach Ewald's Frage (S. 249), warum auch die stärksten Ströme bei wirksamster Anordnung für eine Ampulle „einen so relativ schwachen Erfolg zeigen". Er selber macht die höchst unwahrscheinliche Annahme, „dass der durch die electrische Erregung erzeugte Zustand der Nervenfasern im Octavusstamm von einer Faser auf die andere übergeht", und findet es wahrscheinlich (?), dass der Angriffspunkt für den Strom gar nicht das eigentliche Endorgan, sondern die letzten Verzweigungen des Nerven selbst seien.

In Wirklichkeit scheint mir die Erklärung der Reaction durch Wirkung auf das Labyrinth, selbst wenn dieselbe nicht durch die Erfolge an labyrinthlosen Thieren widerlegt wäre, ungemein schwierig, ja unmöglich. Man denke sich den Kopf der Taube, oder auch des Menschen von queren Stromfäden durchflossen, oder besser, man nehme gute Präparate zu Hülfe. Man wird dann erkennen, dass die durch die Ampullen gehenden Antheile die einzelnen Ampullen in den verschiedensten Richtungen, wenn man die Crista acustica oder die Nerveneintrittsstelle zum Orientirungscentrum nimmt, durchsetzen. Jede Ampulle hat offenbar ihre Anoden- und Cathodenstellen, deren Dichte bei einem so tief in den Schädel gerückten oder wenigstens — was auf dasselbe herauskommt — von den Electrodenpunkten so weit entfernten Organ im Wesentlichen gleich sein muss. Unter diesen Umständen verstehe ich nicht, wie man sich mit Erklärungen wie Anodenwirkung an dem einen und Cathodenwirkung an dem anderen Labyrinth begnügen kann. Jede Ampulle muss Anoden- und Cathodenwirkung zugleich empfangen. Höchstens also könnte man annehmen, dass der Erfolg eine Art resultirender Wirkung aller Ampullendurchströmungen wäre; auch dann aber würde ich Begriffe wie Cathodenreizung, Anodenhemmung, welche an das electrotonische Gesetz erinnern, nicht hineinwerfen, da sie von der äusseren Electrode hergenommen sind, und Niemand wissen kann, ob in der Resultirenden Anoden- oder Cathodenwirkung der Ampullen überwiegt. Wie ungemein unwahrscheinlich ist es aber vollends, dass die resultirende Wirkung aller Ampullendurchströmungen bei so verschiedenen Geschöpfen wie Frosch, Taube, Kaninchen, Mensch stets dieselbe sein soll. Die Lage der physiologischen Anoden und Cathoden an jeder Ampulle muss doch nicht blos von der bei den einzelnen Thierarten ganz verschiedenen

Orientirung dieser Organe zur Verbindungslinie beider Electroden und zum System der Strömungslinien abhängen, sondern dies letztere auch von den Leitungsverhältnissen im Schädel. Können diese aber verschiedener sein, als bei Taube und Mensch? Bei jener liegen die Canäle in einem lufterfüllten Raum, von Bälkchen getragen, bei diesem in der compactesten Knochenmasse!

Ein besserer Ausweg würde es sein, wenn man die Erfolge von der Durchströmung des Nerven selber ableiten wollte. Man kann nämlich mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit sagen, dass der Acusticusstamm auf der Seite der Anode wesentlich aufsteigende, auf der Seite der Cathode wesentlich absteigende Componenten erhalten wird, was sich freilich auf die centralen und peripheren Endigungen sicher nicht ausdehnen lässt. Der Kopf würde sich also durch absteigende Durchströmung eines Acusticus von der betreffenden Seite wegwenden, und durch aufsteigende Durchströmung derselben zuwenden, und letztere Wirkung die weniger starke sein. Diese Ableitung scheitert jedoch gerade bei Ewald an der Behauptung, dass Exstirpation des Labyrinthes die betreffende Reaction aufhebt; bei uns aber, die wir das nicht zugeben, daran, dass sie auch noch zu einer Zeit vorhanden ist, wo die Acusticusstämme längst degenerirt sein müssen.

Auf der anderen Seite hat es keine Schwierigkeiten, die Erscheinung auf Durchströmung des Gehirns selbst zu beziehen. Einmal wissen wir, dass Zwangsstellungen und Zwangsbewegungen, ohne Zweifel verbunden mit Schwindelempfindungen, durch Verletzung der verschiedensten Hirntheile vom Kopfmark ab, Brücke, Kleinhirn, Grosshirnstiele, hervorgebracht werden können, sobald nur die Verletzung unsymmetrisch ist. Quere Durchströmung des Gehirns ist aber wie eine höchst unsymmetrische zarte Verletzung zu betrachten; dass eine solche Schwindel, Zwangsstellungen und Zwangsbewegungen macht, ist sehr wahrscheinlich, obwohl es zur Zeit unmöglich ist, eine speciellere Erklärung oder eine Localisation der Einwirkung zu versuchen. Dass Breuer[1]) und Ewald[2]) leichter Reaction erhalten, wenn sie die betreffende Electrode auf die Bogengänge bringen, als wenn sie sie dicht daneben durch den Knochen hindurch in den Seitentheil des Klein-

1) Dies Archiv Bd. 44. S. 143.

2) N. octavus S. 228.

hirns einstechen, beweist nichts. Denn erstens ist es willkürlich, grade das Kleinhirn aus den auf unsymmetrischen Angriff Schwindelreaction gebenden Hirntheilen herauszugreifen, zweitens geht aus Breuer's Darstellung deutlich hervor, dass er auch von der in's Kleinhirn eingestochenen Electrode Reaction erhalten hat, wenn auch erst bei etwas stärkeren Strömen. Da man annehmen muss, dass die Electrodennadel bis auf die Spitze isolirt war, denn sonst wäre das Resultat geradezu unverständlich, so kann man den Versuch ebensogut als Beweis benutzen, dass directe Stromzuleitung zum Kleinhirn die Reaction hervorrufen kann. Aber muss denn überhaupt die electrische Wirkung dieselbe sein, wenn die Electrode punktförmig direct auf einen Hirntheil aufgesetzt wird, wie wenn die Stromfäden von einem entfernteren Punkte her in gleichmässigerer Vertheilung in einen grösseren Theil der Oberfläche eintreten?

Dass orientirte Durchströmung von Centralorganen orientirte Einstellung von Körpertheilen machen kann, offenbar unter Einfluss von Empfindungen, dafür haben wir ein schönes Beispiel in der von Hermann entdeckten Einstellung von Froschlarven und Fischen in durchströmtem Wasser[1]. Dass das Kopfende hier gegen die Anode gewendet wird, hat sogar eine gewisse Analogie mit der galvanischen Zwangsdrehung höherer Thiere, welche freilich nur oberflächlich ist und nur mit grosser Vorsicht verwendet werden darf.

Ich halte es also durchaus für möglich, dass der galvanische Schwindel von Stromwirkung auf das Gehirn selbst herrührt. Die Gleichgewichtsempfindung wird, von welchen Organen sie auch herrühren möge, symmetrische Erregung voraussetzen; die geringste Asymmetrie der peripheren Erregung nicht blos, sondern auch der centralen Erregbarkeiten wird Störungen der Gleichgewichtsempfindung mit ihren Folgen bis zur Zwangsbewegung hervorbringen. So werden selbst schwache das Gehirn durchsetzende Stromschleifen, wenn sie nicht etwa rein parallel der Symmetrieebene sind, den Keim zu solchen Erscheinungen in sich haben. Solche Stromschleifen wird aber das Gehirn bei jeder Stromapplication an den Kopf erhalten müssen, mit Ausnahme des Falles, dass beide Electroden median liegen. In der That entsteht am

1) Dies Archiv Bd. 37. S. 457, Bd. 39. S. 414, Bd. 57. S. 391.

Menschen Schwindel nicht allein wenn beide Electroden oder nur eine in der Ohrgegend, sondern auch wenn z. B. beide, jedoch in unsymmetrischer Lage, im Nacken angebracht werden, wenn nur der Strom stark genug ist. Wie weit sich die Stromschleifen erstrecken, erkennt man an dem fast stets sich einmischenden electrischen Geschmack und den meist vorhandenen optischen Erscheinungen. Selbst wenn, wie in gewissen Ewald'schen Versuchen, beide Electroden an demselben Labyrinth liegen, werden die hier grade auffallend schwachen Erscheinungen (s. oben) viel wahrscheinlicher von Hirnschleifen als von directer Wirkung auf das Labyrinth herrühren.

Man könnte einwenden, da doch einmal das Labyrinth Bewegungsempfindungen und deren Reactionen auslöst, sei es unzweifelhaft, dass auch electrische Beeinflussung desselben solche Folgen haben müsse, da die Organe auch bei diesem widernatürlichen Reiz mit ihrer specifischen Energie reagiren müssen. In der That mag ja ein solcher Antheil vorhanden sein, aber die Hauptsache kann er unmöglich ausmachen, da die Reaction, wie ich auf das Bestimmteste behaupte, auch bei labyrinthlosen Thieren auftritt, und ferner habe ich oben auf die grosse Schwierigkeit hingewiesen, die Constanz des resultirenden Erfolges bei den verschiedenen Verhältnissen der einzelnen Wirbelthierklassen zu verstehen, wenn es sich wirklich um Labyrinthwirkungen handelt. Endlich vermisst man bei Ewald einen wichtigen Versuch: sehr richtig giebt er an, dass beim Versuch auf eine einzelne Ampulle zu wirken, stets das ganze Labyrinth gereizt wird. Da nun auf diesem Wege eine isolirte Wirkung nicht zu erzielen ist, hätte er doch versuchen müssen, Modificationen dadurch hervorzubringen, dass er die Reizung nach Zerstörung einer oder zweier Ampullen wiederholte, ein freilich schwieriger, aber bei seiner feinen Operationstechnik nicht von vornherein unausführbar erscheinender Versuch.

Ich komme nun endlich zu den galvanischen Versuchen an taubstummen Menschen, wie sie zuerst von James[1]), dann von Pollak[2]), und in sehr grosser Zahl, zum Theil schon vor Pollak,

1) Amer. Journ. of otology Bd. 4. 1882.
2) Dies Archiv Bd. 54. S. 188.

und wiederholt, von mir selber angestellt sind. Ueber meine eigenen Versuche habe ich Folgendes zu berichten.

Es wurden mir die Schüler der beiden hiesigen Taubstummen-Institute, des „Provinzial-Taubstummen-Instituts" und der „Königsberger Vereins-Taubstummenanstalt", von den Herren Directoren in der liebenswürdigsten Weise zur Verfügung gestellt, wofür ich den Herren auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank sage. Bei allen den zahlreichen und zeitraubenden Versuchen wurde ich in der freundlichsten Weise von den Herren Taubstummenlehrern unterstützt, ohne deren Hülfe es mir häufig ganz unmöglich gewesen wäre, zu einem Resultat zu gelangen.

Die erste Untersuchung habe ich mit Hülfe des Herrn Dr. Podack im Sommer 1892 in den Taubstummen-Instituten selbst gemacht. Es wurde sehr darauf geachtet, dass die schon Untersuchten mit den noch zu Untersuchenden nicht in Verkehr treten und sie auf die zu erwartenden Erscheinungen vorbereiten konnten. Eine ganz gewaltige, häufig nicht zu überwindende Schwierigkeit bei diesen Untersuchungen ist der Umstand, dass den meisten Taubstummen der Begriff „Schwindel" absolut unbekannt ist. Wenn man sichtlich von Schwindelgefühl ergriffene Kinder nach ihren Empfindungen befragt, so gibt das eine wohl an, dass sich die Gegenstände mit ihm bewegt hätten, oder ein anderes vergleicht seinen Zustand mit dem eines Betrunkenen, ein drittes aber steht stumpfsinnig da, gibt auf alle Fragen verneinende Antworten und macht den Eindruck, als ob ihm sein Zustand gar nicht zum Bewusstsein gekommen sei; ein viertes will mit deutlichem Ausdruck der Furcht vor etwas ihm Unerklärlichen davonlaufen. Jedenfalls ist man bei Taubstummen ungleich mehr als bei Normalen auf die objectiven Erscheinungen (Kopfneigung, Nystagmus) angewiesen.

Zu den Versuchen wurde eine kleine Chromsäure-Tauchbatterie von 18 Elementen angewendet, von denen gewöhnlich jedoch nur die Hälfte benutzt wurde. Der Strom wurde durch einen Schlüssel, Pohl'sche Wippe und Milli-Ampèremeter zu den beiden mit Leder überzogenen Knopfelectroden geleitet, diese mit Kochsalz gut durchfeuchtet auf die beiden Processus mastoidei der Versuchsperson aufgedrückt. Die Stromstärke betrug, wenn der Kopf in den Strom eingeschaltet war, 5—10 M.-A., je nachdem Haut und Electroden mehr oder weniger gut durchfeuchtet waren. Ich habe, ohne unangenehme Zufälle zu beobachten, die Stromstärke bis zu

20 M.-A. steigern können, und zwar geschah dieses in allen den Fällen, bei denen auf geringeren Strom keine Reaction erreicht werden konnte.

Zuerst experimentirte ich an den Schülern des Provinzial-Taubstummen-Instituts. Bei dieser Untersuchung versäumte ich es, die untersuchten Kinder von den noch zu untersuchenden zu trennen, wodurch die Versuche bisweilen sehr gestört wurden, aber in ihren schliesslichen Resultaten nicht beeinflusst werden konnten, da ich den Strom bald von der einen, bald von der andern Seite in den Kopf eintreten liess, so dass willkürliches Taumeln sich immer verrathen musste. Von 65 Knaben und Mädchen im Alter von 8—17 Jahren reagirten 5 nicht auf den galvanischen Strom, also 7,7 %. Unter diesen 65 waren 38 total taub, von letzteren versagten 4 = 10,5 %. Auf Nystagmus wurde leider bei diesen Versuchen nicht geachtet.

Bei der zweiten Schule, der Königsberger Vereins-Taubstummenanstalt, wurde die Anordnung des Versuches geändert. Vor allem wurden die untersuchten Schüler von den noch zu untersuchenden getrennt. Auch wurden diese Versuche bei geschlossenen Augen und einer Fussstellung vorgenommen, wie sie beim Turnen auf das Kommando „Füsse schliesst“ eingenommen wird. Von den dortigen 76 Schülern und Schülerinnen im Alter von 6—16 Jahren versagten auf den galvanischen Strom 12 = 15,8 %. Unter den 76 waren 54 total taub, von letzteren zeigten 10 keine Reaction = 18,5 %.

In demselben Jahre habe ich, um diese an Taubstummen gewonnenen Resultate mit den Befunden an gesunden Kindern vergleichen zu können, die Schüler der hiesigen Steindammer Mittelschule mit dem galvanischen Strom untersucht. Die Versuchsanordnung war die gleiche wie bei der letzterwähnten Taubstummenanstalt. Untersucht wurden 78 Schüler im Alter von 9—14 Jahren. Von diesen reagirten 5 nicht auf den galvanischen Strom = 6,4 %. Diese Versager wurden am nächsten Tage noch einmal geprüft, indem ich mich selbst in den Strom mit einschaltete, und so das Vorhandensein und die Stärke des Stromes an meinen Empfindungen controlliren konnte. Das Resultat blieb das gleiche. Von diesen 5 Schülern war keiner schwerhörig und hat keiner irgend eine Ohrenkrankheit durchgemacht. Die Versagenden unter den

Taubstummen wurden auch noch einmal in der angegebenen Weise geprüft; an den Resultaten änderte sich dadurch nichts.

Das Gesammtresultat der Versuche aus dem Sommer 1892 war also:

von 141 Taubstummen versagen auf den galvanischen Strom 21 = 14,89 %,

von den darunter befindlichen 92 Totaltauben versagen 14 = 15,21 %,

von 78 normalen Kindern versagen 5 = 6,4 %.

Im Sommer 1893 habe ich die Untersuchung der Taubstummen wiederholt. Wenn auch bis dahin ein gewisser Wechsel unter den Schülern stattgefunden hatte, d. h. die älteren die Anstalt verlassen hatten und jüngere dafür eingetreten waren, so war doch eine ziemlich bedeutende Anzahl mir vom vorigen Jahre bekannter Schüler da. Meine Versuche erstreckten sich diesmal nicht allein auf den galvanischen Schwindel, sondern auch auf den durch Rotation hervorgerufenen Schwindel. Da letztere Versuche nicht direct an diese Stelle gehören, will ich nur kurze Mittheilung darüber machen. Auf dem Drehstuhle [1]) befand sich ausser der Versuchsperson noch ein Beobachter, der durch Fingerauflegen auf die geschlossenen Lider der Versuchsperson eventuelle Bulbusbewegungen bei der Rotation constatiren sollte. Derart hatte Kreidl seine Versuche angestellt und hatte gefunden, dass ca. 50 % der Taubstummen diese reflectorischen Bulbusbewegungen vermissen liessen. Er hält diesen Nystagmus für ein Reagens der Functionen des Bogengangapparates. Bei meinen Versuchen wurden die Beobachtungen theils durch Herrn Dr. Matthias, theils durch mich selbst ausgeführt. Es ergab sich, dass von 167 Taubstummen 36 = 21,5 % keinen Nystagmus zeigten. Von den 167 waren 122 total taub, von diesen zeigten 26 = 21,3 % keinen Nystagmus. Von 53 untersuchten gesunden Schülern zeigten alle Nystagmus, 2 gar keinen Schwindel und 12 sehr schwachen Schwindel.

Bei den galvanischen Untersuchungen wurde dieses Mal auch auf den Nystagmus geachtet, die Versuche also bei offenen

1) Derselbe ist nach den Angaben des Herrn Prof. Hermann sehr solide hergestellt und dreht durch Bewegung einer horizontalen mit Kurbel versehenen Axe eine verticale Axe mit eiserner Platte, auf welcher ein Lehnstuhl mit den nöthigen Sicherungsvorrichtungen befestigt ist.

Augen angestellt, sonst war die Anordnung so wie im Jahre vorher. Ich fand folgende Resultate bei den Schülern des Provinzial-Taubstummen-Institutes: Von 88 Schülern zeigen keine galvanische Reaction 23 = 26,1 %, keinen Nystagmus 17 = 19,3 %; weder galvanische Reaction noch Nystagmus haben 10 = 11,3 %. Ferner, diese Versuche mit den Rotationsversuchen verglichen, ergibt sich, dass weder rotatorischen noch galvanischen Nystagmus von 88 Taubstummen 6 zeigen = 6,8 %, weder galvanische Reaction noch rotatorischen Nystagmus 8 = 9,1 %.

Von 78 Schülern der Vereins-Taubstummen-Anstalt versagten auf den galvanischen Strom 22 = 28,1 %, zeigten keinen galvanischen Nystagmus 13 = 16,7 %, beides zeigten nicht 8 = 10,3 %. Mit den Resultaten der Rotationsversuche verglichen, ergibt sich, dass weder galvanischen noch rotatorischen Nystagmus 4 zeigen = 5,1 %, weder galvanische Reaction noch rotatorischen Nystagmus 10 = 12,8 %.

Das Gesammtresultat der Untersuchung aus dem Jahre 1893 ist:

von 166 Taubstummen zeigen keine galvanische Reaction 45 = 27,1 %,
keinen galvanischen Nystagmus 30 = 18,1 %,
weder galvanische Reaction noch Nystagmus 18 = 10,8 %,
weder galvanischen noch rotatorischen Nystagmus haben 10 = 6 %,
weder galvanische Reaction noch rotatorischen Nystagmus haben 18 = 10,8 %.

Vergleicht man diese Resultate mit denen des vorigen Jahres, so ergibt sich aus beiden, dass die Zahl der Versager eine verschiedene ist. Als Erklärung dafür den Wechsel unter den Schülern anzuführen, dürfte kaum genügen.

Ich ziehe aus dieser Ungleichheit der Resultate den Schluss, dass allen diesen Versuchen ein gewisser Mangel an Objectivität anhaftet, dass der subjectiven Auffassung ein zu grosser Spielraum gelassen ist. Wer derartige Untersuchungen selbst gemacht hat, wird anerkennen müssen, auf wie grosse Schwierigkeiten man dabei stösst. Man bedenke, dass die Schüler der Taubstummeninstitute aus den ärmsten Familien stammen, dass in Folge ihrer Krankheit von den Eltern wenig Gewicht auf ihre Erziehung gelegt wird, dass sie von den Spielen ihrer Jugendgenossen grössten Theils ausgeschlossen

sind, weil sie sich nicht mit ihnen verständigen können. Dass die geistige und körperliche Entwickelung aller dieser Kinder auf einer sehr niedrigen Stufe steht, ist klar.

Jedenfalls stimmen meine Resultate mit denjenigen Pollak's wenig überein. Er vermisst Kopfbewegungen bei 33 %, ich bei 14,89 % (erste Untersuchung) resp. 27,1 % (zweite Untersuchung). Augenbewegungen fehlten nach Pollak bei 30,5 %, nach mir bei 18,1 %. Weder Augen- noch Kopfbewegungen zeigten bei Pollak 29,3 %, bei mir 10,8 %. Von Taubstummen, die bei Kreidl auf der Drehscheibe keine Augenbewegungen zeigten, hatten bei Pollak nur etwa die Hälfte (58 %) keinen galvanischen Nystagmus, von 36 Taubstummen, die bei mir auf dem Drehstuhl keinen Nystagmus zeigten, hatten nur 10 = 27,8 % keinen galvanischen Nystagmus, es zeigten aber auch umgekehrt von 30 Taubstummen, die keinen galvanischen Nystagmus hatten, nur 10 = 33,3 % keinen rotatorischen Nystagmus.

Im Ganzen habe ich hiernach viel weniger galvanische Versager (um einen kurzen Ausdruck einzuführen) gefunden als Pollak; dieser fand 29,3 % totale Versager, ich nur 10,8 %. Normale Personen, wie ich sie schon vor der Pollak'schen Arbeit in grosser Zahl mit herangezogen habe, hat er gar nicht berücksichtigt, und so kommt es, dass im gleichen Laboratorium Kreidl[1]) das Versagen eines normalen jungen Mannes als etwas Besonderes auffasst, und demselben einen Defect im inneren Ohre zuschreibt. Ich selbst habe unter 78 gesunden Schülern 6,4 % galvanische Versager gefunden, was gar nicht so sehr weit hinter der relativen Zahl der taubstummen Versager zurücksteht. Besonders bemerkenswerth aber ist das Verhältniss der galvanischen zu den rotatorischen Versagern. Wenn beide Reactionen, wie behauptet wird, von demselben Organ herrührten, so müssten, sollte man meinen, entweder beide Defecte stets vereinigt sein, oder wenigstens, falls eine der beiden Reactionen die schwieriger zu Stande kommende ist, diese nie ausbleiben, ohne dass auch die andere fehlt. Statt dessen giebt es nach meinen Versuchen unter den Taubstummen sowohl galvanische Versager, welche rotatorische Reaction zeigen, als rotatorische Versager, bei welchen die galvanische Reaction vorhanden ist. Da ausserdem, wie schon mehr-

1) Centralbl. f. Physiol. Bd. 7. S. 165.

fach bemerkt (S. 213 f. und 226), derselbe Taubstumme, in Jahresfristen wiederholt untersucht, mitunter eine früher vermisste Reaction zeigt, so scheint mir der Schluss aus den Untersuchungen Taubstummer, dass die galvanische Reaction vom Labyrinth ausgeht, durchaus nicht auf festem Boden zu stehen. Am wenigsten aber kann ich es mitmachen, bei einem Gesunden, welchem eine oder beide Reactionen fehlen, einen organischen Defect zu diagnosticiren.

3. Die Bedeutung des Vestibularapparates überhaupt.

Der Gedanke, dass ein Theil desjenigen Organes, welches wir als Gehörapparat bezeichnen, einer ganz anderen Function dient, und dass wir ein Sinnesorgan besitzen, dessen wir uns, abweichend von allen anderen Sinnen, absolut nicht bewusst sind, hat etwas ungemein Widerstrebendes. Aber man muss zugeben, dass im Laufe der Zeit die stringenten Beweise, so weit es sich um Thiere handelt, in grosser Zahl erbracht sind. Die Versuche von Goltz, Breuer, Crum Brown, Ewald und vielen anderen sorgfältigen Experimentatoren müssen auch den äussersten Skeptiker zwingen, sich zu fügen. Freilich fehlt noch der erlösende Gedanke, nämlich der Nachweis des ursprünglichen inneren Zusammenhanges des statischen oder locomotorischen Sinnes mit der Gehörfunction. Denn ein solcher muss vorhanden sein; dafür spricht der innige Zusammenhang der Schnecke mit dem einen Otolithensack, sowie der gemeinsame Nerv beider Säcke, und da schneckenlose Thiere hören können, muss sogar der Vestibularapparat vielfach neben der neu entdeckten auch die Gehörfunction vollziehen können, oder allgemein mit vollziehen. Möglicherweise ist der primitive Zusammenhang in der phylogenetisch ältesten Lebensform, im Leben unter Wasser zu suchen. Die Wahrnehmung der eigenen Bewegung im Wasser, ohne jeden festen Stützpunkt, erfordert Sinnesorgane, welche durch das Medium oder durch die Bewegung der Körpermasse dislocirt werden. Ziemlich analog aber ist die Aufgabe, welche beim Hören vorliegt; die Vibrationen der Umgebung oder der Körpermasse können nur durch die Dislocation relativ fester oder relativ träger Körperbestandtheile zur Wahrnehmung gelangen.

Die Ueberzeugung, dass vollständige Wegnahme der Laby-

rinthe eine sehr starke Desorientirung der Thiere hervorbringt, welche besonders hervortritt, wenn man dem Thiere durch Verschluss der Augen und Aufstellung auf Watte seine übrigen Orientirungsmittel raubt, muss sich Jedem aufdrängen, der eine so operirte Taube beobachtet, und Herr Prof. Hermann, dem ich die vorstehende Betrachtung verdanke, ist durch die von Herrn Professor Ewald eingesandte labyrinthlose Taube, und später durch die hier operirten, von seinem früheren Standpunkte, welcher ungefähr mit dem noch vor Kurzem von Hensen[1]) vertretenen übereinstimmte, zurückgekommen, ohne sich im Uebrigen den von Ewald entwickelten Theorien des „Tonuslabyrinthes" anschliessen zu können.

Anders aber liegt die Sache beim Menschen. Auch hier dem Labyrinthe eine so fundamentale Bedeutung zuschreiben zu wollen, wie bei der Taube, ist einfach unmöglich. Ich habe bei den vielen Untersuchungen Taubstummer auf galvanische und rotatorische Reaction, und bei dem damit verbundenen Verkehr mit vielen Taubstummenlehrern meine Aufmerksamkeit ganz besonders auf das generelle Verhalten der Taubstummen gerichtet. Dieselben zeigen, ausser der Taubstummheit selbst und einer mit diesem Leiden, wie schon erwähnt, häufig verbundenen geistigen Schwerfälligkeit, welche sich durch den Unterricht in der Taubstummenanstalt sichtlich vermindert, körperlich nichts, was auf Mangel eines anderen Sinnesorganes deutete. Dass sie in gewisser Hinsicht auffallend feinfühlig sind, ist schon angeführt (S. 213). Ihr Gang hat oft etwas Stampfendes oder Schlürfendes an sich; aber dies erklärt sich, abgesehen von dem Einfluss, den geistige Schwerfälligkeit auch auf die körperliche Grazie hat, genügend aus dem Umstande, dass sie ihre Tritte nicht hören, also gewisse nach dem Gehör zu erziehende Feinheiten des Auftretens nicht erlernen. Sie stehen und bewegen sich sehr sicher auch mit verbundenen Augen, und was sehr viel sagt, es sind unter ihnen auffallend viele ausgezeichnet gewandte Turner. Von erwachsenen Taubstummen ist ferner bekannt, dass sie grossentheils gern und gut tanzen. Wenn bei allen Taubstummen, welche auf dem Drehstuhl abnormes Verhalten zeigen, der Vestibularapparat fehlt oder defect ist, so müsste man erwarten, dass wenigstens diese Taubstummen irgendwelche

1) Arch. f. Ohrenheilkunde Bd. 35. S. 161.

Haltungs- oder Bewegungsanomalien zeigen, und ich habe hierauf ganz besonders meine Beobachtung sowie meine Erkundigungen bei den Lehrern gerichtet. Alles fiel ziemlich negativ aus; indessen beruhigte ich mich hierbei nicht, mit Rücksicht auf die positiven Angaben von Breuer und von Kreidl[1]). Nach letzterem können eine Anzahl Taubstumme mit geschlossenen Augen nicht auf einem Beine stehen, auf einem Rundholz laufen. Sehr wichtig ist hier die Vergleichung mit normalen Personen; Kreidl's Bemerkung, dass „alle die Aufgaben, die in dieser Weise an die Taubstummen gestellt wurden, von einem normalen Menschen mit Leichtigkeit geleistet werden konnten", besagt nichts darüber, ob entsprechende Prüfungen an einer grösseren Anzahl normaler Personen mit geschlossenen Augen angestellt wurden.

Herr cand. med. P. Junius hat auf Veranlassung des Herrn Prof. Hermann zunächst eine Anzahl Schüler der beiden hiesigen Taubstummenanstalten auf ihr Verhalten untersucht, nämlich 16 Knaben und 10 Mädchen aus der Provinzial- und 16 Knaben aus der Vereins-Anstalt, im Ganzen 42. Die Prüfung erstreckte sich auf gewöhnliches Stehen, Stehen auf einem Bein, Gehen, und zwar alles mit offenen und mit verbundenen Augen. Selbst die geringste Abweichung vom normalen Verhalten wurde als Abnormität verzeichnet; die Ergebnisse sind also so ungünstig wie möglich gedeutet. Folgende kleine Tabelle stellt dieselben dar[2]):

	Stehen	Stehen auf 1 Bein	Gradeaus-Gehen
	O.	O.	O.
Normal	41 = 97,6 %	32 = 76,2 %	38 = 90,5 %
Abnorm	1 = 2,4 „	10 = 23,8 „	4 = 9,5 „
	G.	G.	G.
Normal	39 = 92,9 %	16 = 38,1 %	7 = 16,7 %
Abnorm	3 = 7,1 „	26 = 61,9 „	35 = 83,3 „

Unter den untersuchten Schülern sind mehrere erst soeben in die Anstalt eingetreten, und diese zeigen entschieden in jeder Hinsicht das ungünstigste Verhalten.

1) Dies Archiv Bd. 51. S. 144 ff.

2) O. bedeutet offene, G. geschlossene Augen.

Zum Vergleiche wurden 16 gesunde Knaben aus einer Volksschule auf ihr Verhalten geprüft, wobei sich ergab:

	Stehen	Stehen auf 1 Bein	Gradeaus-Gehen
	O.	O.	O.
Normal	16 = 100 %	16 = 100 %	16 = 100 %
Abnorm	—	—	—
	G.	G.	G.
Normal	16 = 100 %	10 = 62,5 %	7 = 43,7 %
Abnorm	—	6 = 37,5 „	9 = 56,3 „

Auf den ersten Blick scheinen diese Uebersichten die Ansicht Kreidl's zu bestätigen; die Procentzahlen der Abnormen sind durchgehends bei den Taubstummen höher als bei den Normalen. Wenn man aber sieht, dass auch von ganz gesunden Knaben über die Hälfte mit verbundenen Augen nicht gradeaus gehen, und über ein Drittel nicht ordentlich auf einem Beine stehen können, so wird man schwerlich geneigt sein, die Abweichungen auf den Mangel desjenigen Sinnesorgans zu beziehen, welches den Taubstummen grossentheils fehlen soll. Viel wahrscheinlicher ist es doch, dass die schon erwähnten erziehlichen Mängel, und die grössere Aengstlichkeit und Befangenheit der Taubstummen die Ursache der Verschiedenheit sind.

Wie unwahrscheinlich ist es ferner, dass ein Organ des Kopfes für die Künste des Balancements auf den Füssen von entscheidender Bedeutung sein soll. Hier kommt es darauf an, geringe Abweichungen des Schwerpunkts von dem Verticalraum über der Unterstützungsfläche sofort wahrzunehmen und zu corrigiren. Solche Abweichungen bewirken gar keine merkliche Drehungscomponente des Kopfes, zu deren Wahrnehmung das fragliche Organ geeignet wäre. Vielmehr ist längst bekannt, dass die zur Balancirung erforderlichen Wahrnehmungen wesentlich dem Tastsinn der Fusssohlen und vielleicht den Empfindungen der Gelenke zufallen, dass deswegen Tabische mit geschlossenen Augen nicht stehen können. Der Vestibularapparat nützt also ganz offenbar diesen Kranken für die, in Rede stehende Leistung gar nichts! Kreidl's Ansicht, dass das Balancement durch den Vestibularapparat vermittelt werde, kann daher nicht richtig sein.

Worin besteht also der Nutzen des Organs für den Menschen?

Wir wollen zugeben, dass es vermuthlich den Drehschwindel hervorbringt; in der That scheint dies die einzige positive Empfindung zu sein, durch welche sich der Besitz dieses Sinnesorganes uns verräth. Aber die Fähigkeit schwindlig zu werden, kann nicht gut als ein Vortheil der Organisation angesehen werden, es sei denn, dass der Schwindel uns zur Warnung dient, Drehbewegungen, welche vielleicht Gefahren bergen, nicht über einen gewissen Grad oder eine gewisse Dauer anwachsen zu lassen[1]). Kreidl schreibt dem Vestibularapparat noch eine andere Leistung zu, deren Nutzen für die Organisation noch viel schwerer verständlich ist. Der Defect des Organs soll nämlich das Bewusstsein der resultirenden Richtung aus Schwer- und Centrifugalkraft verhindern[2]). Nach ihm wäre aber der Defectuöse gegenüber dem Normalen geradezu im Vortheil, denn ersterer erkennt auf dem Carroussel die absolute Verticalrichtung richtig, der Normale wird durch die Centrifugalkraft getäuscht!

Aber grade dieses Erkennen der Verticalrichtung seitens des Taubstummen ist so unbegreiflich, dass man den Versuchen gegenüber misstrauisch wird. Er kann doch unmöglich eine Erinnerung oder eine verwendbare Gewohnheit mitbringen, sondern ist während der Drehung auf seine Sinnesorgane allein angewiesen. Er befindet sich aber in einer Situation, in welcher nun einmal die Richtung der Massenbeschleunigung von der Verticalen gesetzmässig abweicht und in jeder Hinsicht, für die Sinne so gut wie für ein Glas Wasser, in die Resultante aus Schwer- und Centrifugalkraft fällt. Entweder hat der Taubstumme noch Sinne übrig, um diese Richtung zu erkennen, dann muss er schief einstellen, oder er hat keine übrig, dann müsste er gar nicht oder sinnlos einstellen. Wie er dazu kommt auf die absolute Verticale einzustellen, ist unbegreiflich, und der Versuch kann daher nicht in Kreidl's Sinn acceptirt werden.

Alles zusammenfassend kommt man zu der Ueberzeugung, dass der sog. statische Sinn des Labyrinthes beim Menschen nur eine äusserst geringe Bedeutung hat. Das geht auch schon daraus

---

1) James (a. a. O.) will merkwürdigerweise auch Fehlen des sog. Höhenschwindels, einer offenbar rein intellectuellen Erscheinung, bei relativ vielen Taubstummen beobachtet haben.

2) Dies Archiv Bd. 51. S. 133 ff.

hervor, dass er nicht schon vor Jahrhunderten durch Taubstummenbeobachtung entdeckt ist, sondern dass er erst nach den experimentellen Entdeckungen an der Taube mühsam und spurweise auch am Menschen durch zweifelhafte Mängel Taubstummer bestätigt werden konnte.

Es könnte sich mit diesem Sinne ähnlich verhalten wie mit dem Geruchssinn, der ebenfalls beim Menschen, wenn auch ungleich mehr als der statische Sinn, doch im Vergleich zu den Thieren nur sehr wenig entwickelt ist. Hier aber giebt sich die geringere Entwicklung auch morphologisch am Lobus olfactorius des Gehirns, am knöchernen Nasenlabyrinth und an der Ausdehnung und Ausstattung der Riechhaut zu erkennen, während das Ohrlabyrinth in seiner Entwicklung beim Menschen durchaus nicht zurücksteht. Man darf wohl auch hieraus schliessen, dass der Vestibularapparat durchweg auch Hörfunctionen hat (vgl. oben S. 228). Ja man könnte sogar vermuthen, dass er zum Hören unentbehrlich ist, d. h. dass der Besitz der Schnecke zum Hören nicht genügt; denn nach Mygind[1]) zeigt ein Fünftel aller Taubstummen nur an den Bogengängen Abnormitäten.

Auch bei Fischen und Amphibien spielt offenbar die bei der Taube so stark entwickelte statische Labyrinthfunction nur eine relativ geringe Rolle neben der Hörfunction. Wie viele Autoren konnten bei solchen Thieren nach Exstirpation der Bogengänge oder des ganzen Labyrinthes keine Haltungs- und Bewegungsstörungen constatiren! Da wir vom Verhalten der Reptilien kaum etwas wissen, so darf man sagen, dass überhaupt nur bei Vögeln eine erhebliche Bedeutung des uns beschäftigenden Sinnes nachgewiesen ist; ihnen am nächsten scheinen die Fische zu stehen. Beide Thierklassen bewegen sich in ihrem Medium abweichend von den nur kriechenden und gehenden Thieren, nach drei Dimensionen ohne feste Stütze, und man kann sich wohl eine Vorstellung davon machen, dass bei ihnen ein besonderes Orientirungsorgan wichtiger ist als bei anderen Wirbelthieren, und sich daher mehr ausgebildet oder weniger zurückgebildet hat als bei den übrigen.

---

1) H. Mygind, Taubstummheit. Berlin u. Leipzig 1894. S. 158.

Nachtrag.

Die Abfassung der vorstehenden Arbeit ist in ihren wesentlichen Theilen schon vor dem Erscheinen einiger neueren, denselben Gegenstand betreffenden Publicationen erfolgt, auf welche daher nur anhangsweise kurz eingegangen werden kann.

A. Bruck[1]) hat nicht allein Taubstumme, sondern wie ich, resp. Herr Junius, auch Normale auf gewisse Bewegungsanomalien untersucht, und unter ersteren etwa 50 %, unter letzteren nur 8¹/₃ % mit solchen gefunden. Wenn auch unsre Ergebnisse an Normalen mit geschlossenen Augen ungünstiger waren, so ist doch die Differenz nicht so beträchtlich, dass Bruck's Versuche unser Urtheil in Frage stellen könnten. Bruck gibt zwar an, dass die mangelhaft functionirenden nicht taubstummen Kinder schwächlich und ängstlich waren (bei unseren Versuchen wurde eine solche Beziehung durchaus nicht bemerkt), sagt aber selbst, dass diese Mängel die Abweichungen nicht erklären, und dass „es auch vielen von uns nicht immer möglich ist, bei geschlossenen Augen in grader Richtung vorwärts zu gehen." Auch will Bruck die Störungen nicht vom Mangel eines specifischen Balancirapparates, sondern von allgemeinen durch den Hördefect und sonstige mit der Taubstummheit zusammenhängende Uebelstände bedingten Mängeln herleiten, eine Ansicht, welche sich mit der hier vorgetragenen im Wesentlichen deckt.

Die interessante Arbeit von L. W. Stern[2]) ist, abgesehen von ihrer Bedeutung für die Pathologie der Taubstummheit, für unsre Frage in sofern von Bedeutung, als aus derselben ein Zusammenhang zwischen Locomotions- und Sprechfähigkeit der Taubstummen sich zu ergeben scheint. Stern ist geneigt, dies mit der Ewald'schen Idee des „Tonuslabyrinthes" in Zusammenhang zu bringen. Näher liegt es wohl, im Anschluss an das S. 231 Gesagte anzunehmen, dass die mit der Taubstummheit häufig verbundene allgemeine Ungeschicklichkeit allen Defecten, welche ausser der Taubheit beobachtet werden, zu Grunde liegt, und schwierigere Leistungen, wie Balancirkünste und Sprechen, minderwerthig macht.

Zum Schluss sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrath Hermann für seine mir bei der Arbeit stets zu Theil gewordene Unterstützung meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

1) Dies Archiv Bd. 59. S. 16. 2) Dies Archiv Bd. 60. S. 124.

Kymorheonomische Untersuchungen.

Von

Prof. B. Danilewsky
(Charkow).

Mit 7 Textfiguren.

I. Ueber das Kymorheonom[1]).

Die bis jetzt gebräuchlichen Anwendungsweisen des galvanischen Stromes als Reizes lassen noch manche Fragen aus dem Gebiete der Nervenmechanik unbeantwortet, besonders die, welche die Vorgänge der natürlichen physiologischen Erregung betreffen. Von vornherein lässt sich schon vermuthen, dass die letztere einer Form von oscillatorischer Molecularbewegung als Folge einer rhythmischen Reihe von natürlichen Impulsen entsprechen, worauf schon manche Thatsachen hinweisen. Zieht man ausserdem noch in Betracht, dass die Schliessung und Oeffnung des Kettenstromes sowie auch die intermittirenden Inductionsströme in gewöhnlicher Gebrauchsform äusserst steil verlaufende Intensitätsschwankungen von Null bis zum Maximum und umgekehrt aufweisen, so muss man zugeben, dass diese gewöhnlichen electrischen Reizverfahren in Bezug auf innere Reizungsmechanik kaum selbst annähernd den physiologischen Erregungsimpulsen gleichwerthig betrachtet werden dürfen. Der secundäre Tetanus, die Superposition der Erregungen resp. der Muskelzuckungen, die Form und Dauer der einzelnen Zuckungen bei künstlicher electrischer Reizung — alles das im Vergleich mit natürlichen Muskelcontractionen beweist unzweideutig, dass jene electrischen Reize auf die natürlichen Nervenvorgänge äusserst entstellend wirken. Desshalb wäre es wünschenswerth, die gewöhnliche electrische Reizmethode in einer

1) S. Vorläufige Mittheilung in Centralblatt für Physiologie 1887, Nr. 20; auch theilweise beschrieben in „Untersuchungen über die electrische Reizung der Nerven" (russisch in 1888) von Dr. C. Danilewsky.

anderen Form zu prüfen. In der That haben die rheonomischen Untersuchungen (v. Fleischl, v. Kries, Fuhr), bei welchen dem reizenden galvanischen Strome bekannter Weise ein langsamer eigenthümlicher Verlauf ertheilt worden war, neue wichtige Thatsachen betreffs des Erregungsverlaufs resp. der Muskelzuckung und Tetanusbildung ergeben. Die kymorheonomischen Reizversuche, welche ich theilweise gemeinschaftlich mit Dr. C. Danilewsky (l. c.) angestellt hatte, haben ähnliche Resultate ergeben. Die milderen Reize des motorischen Nerven, durch Stromesschwankungen von keiner allzu grossen Steilheit verursacht, haben am Muskel solche Erregungszustände hervorgebracht, welche nach den Zuckungscurven beurtheilt den natürlichen physiologischen Vorgängen viel näher stehen, als z. B. die durch gewöhnliche Inductionsschläge oder momentane Stromesschliessungen und Oeffnungen veranlasste. Damit hängt noch die theoretisch wichtige Frage zusammen: in wiefern der Reizungsmodus den Erregungsvorgang qualitativ beeinflussen kann, ob die Variation der physikalischen Eigenschaften des Reizes auf die Nervenerregung qualitativ umändernd wirken kann. Das sinnreiche Orthorheonom von E. von Fleischl lässt dem Nerven eine Reihe von galvanischen Stromesoscillationen von bekannter Zahl, Amplitude und Intensität zuführen, welche als Reizstösse den physiologischen motorischen Reizimpulsen bei weitem näher stehen als gebräuchliche Inductionsschlägen. Die durch diesen Apparat erzeugten Schwankungen der Stromintensität sind nur linear, d. h. die Aenderungen der letzteren verlaufen proportional der Zeit; ausserdem ist die Stromstärke am Anfange und am Ende jeder Schwankung gleich Null. Man muss noch hinzufügen, dass bei der bis jetzt von Fleischl und Fuhr angewendeten Anordnung des Orthorheonoms die Stromesrichtung im Nervenkreise mit jeder Schwankung wechselte.

Von einem allgemeinen Standpunkte ausgehend darf man wohl überhaupt bei solchen rheonomischen Apparaten folgende Forderungen aufstellen, um unseren electrischen Reizmodus dem natürlichen vermuthlich näher zu bringen: 1) der Strom soll eventuell ununterbrochen wellenförmig oscillirend und in einer und derselben Richtung verlaufen; 2) die Amplitude, Zahl der Oscillationen in der Zeiteinheit — die Steilheit — und die mittlere Stromstärke sollen in ziemlich grossen Grenzen nach Belieben variabel sein; 3) die Stromesschwankungen sollen regelmässig rhythmisch verlaufen;

4) die Form der Schwankungswelle der Stromintensität soll auch variabel sein. Die physiologischen Wirkungen der verschiedenen Combinationen jener Reizvariabeln werden höchst wahrscheinlich ganz anders ausfallen als bei gewöhnlichen electrischen Reizen. Wenn die Erregungswellen, von Stromoscillationen verursacht, in bereits polarisirten Strecken hierbei entstehen und sich mit electrotonischen Vorgängen gewissermaassen algebraisch summiren, so bietet das physiologische Studium in dieser Richtung unzweifelhaft ein grosses theoretisches Interesse. Die Bedeutung eines solchen complicirten Reizmodus steigt um so mehr, als er wahrscheinlich als ein viel feineres Prüfungsmittel für die Erregbarkeit der irritabelen Substanzen als der gewöhnliche Inductionsstrom dienen kann.

Allen erwähnten Anforderungen entspricht vollkommen ein galvanischer Wellenstrom, dessen Intensitätscurve eine gewisse wellenförmige Linie auf bestimmter Höhe über der Abscisse darstellt (s. Fig. 5 *B.*). Es lässt sich schon von vornherein vermuthen, dass seine polarisirenden und gleichzeitig erregenden Wirkungen auf die irritabelen Gebilde manche Eigenthümlichkeiten darbieten werden, welche a priori von jetzt bekannten Thatsachen sich kaum ableiten lassen. Die erregenden und modificirenden Wirkungen des galvanischen Wellenstromes auf die functionell verschiedenen Arten der Nerven und Muskeln, die Abhängigkeit des physiologischen Effectes von dem Reizmodus bei variabelen Componenten des oscillirenden Stromes, die Aufsuchung von Componenten der vermuthlichen „specifischen“ Reizarten für bestimmte irritabele Gebilde, die Bestimmung der entsprechenden electromotorischen Vorgänge — dies sind die nächststehenden Aufgaben für die physiologischen Studien mit Hülfe des galvanischen Wellenstromes.

Die physiologischen Wirkungen des galvanischen Wellenstromes, als eines Reizes, lassen sich im Wesentlichen aus dem bekannten Lehrsatze von Du Bois-Reymond über die erregenden Eigenschaften der Schwankungen der Stromdichtigkeit unter gewissen Bedingungen[1]) ableiten. Man darf wohl vermuthen, dass

1) Untersuchungen über die thierische Electricität. Bd. I. 1848. S. 258. Die theoretischen Einwendungen dagegen von J. L. Hoorweg in Pflüger's Archiv Bd. 52, S. 87 und Bd. 53, S. 587; s. auch Gegenbewerkung von E. Pflüger (ibidem. Bd. 53, S. 616).

eine „Schwelle“ für die variabele Grösse der Amplitude und des Intervalles (implicite der Steilheit) der Stromesschwankungen überhaupt existiren soll, unter welcher die Reizwirkungen die Oscillationen aufhören resp. latent werden; dass diese Schwelle von der mittleren Stromintensität abhängt; dass die Erregungsgrösse sich proportional der Amplitude der Oscillationen und umgekehrt proportional ihrer Schwingungsdauer ändert u. s. w. Nun muss man aber noch berücksichtigen, dass wir im galvanischen Wellenstrome mit einer Reihe von rhythmisch verlaufenden Stromesschwankungen zu thun haben und dass desshalb die schliessliche Reizwirkung als Folge einer Summation zu betrachten ist. Nur die erste Stromoscillation trifft den Nerven in seinem normalen Ruhezustande; jede folgende aber findet ihn schon als mehr oder weniger erregten und gleichzeitig polarisirten resp. in einem Stadium der Reiz-Nachwirkung. Während der ganzen Zeit der rhythmischen Reizung wird der Nerv von dem galvanischen Wellenstrom eventuell stets in einer und derselben Richtung durchströmt, was den Nerv in einen Polarisationszustand versetzt, welcher offenbar ganz neue Bedingungen für die Entstehung und Fortleitung der Erregung an beiden Grenzen der Polarisationsstrecke hiermit einführt. Die anelectrotonischen und katelectrotonischen Vorgänge treten unzweifelhaft auch hier auf und als solche sollen sie in eine Art von physiologischer Interferenz mit den Erregungswellen eintreten, welche von den Stromoscillationen an und für sich veranlasst werden. Daraus lässt sich vermuthen, dass die electrotonischen Veränderungen der Erregbarkeit und Leitungsfähigkeit, welche von einem galvanischen Wellenstrom hervorgebracht werden, wahrscheinlich sich anders als bei constantem Strom erweisen werden. Da der galvanische Wellenstrom aus einem constanten Strom + wellenförmigen Oscillationen desselben besteht, so darf man seine physiologische Eigenschaften demzufolge auch als combinirte betrachten und zwar im algebraischen Sinne.

Daraus erhellt die Nothwendigkeit, die physiologischen Wirkungen der einzelnen Stromesschwankung kennen zu lernen (Du Bois-Reymond, Kries, Fuhr, Mareš, J. Tschuewsky s. unten), um die physiologische Bedeutung des Wellenstromes, als eines combinirten Reizes zu beurtheilen.

Bis jetzt wurde der galvanische Wellenstrom im obigen Sinne bezeichnet physiologisch gar nicht untersucht. Eine gewisse Ana-

logie mit unserem Kymorheonom bietet das Orthorheonom von Fleischl. Weiter werden wir sehen, dass die Reizwirkungen in beiden Fällen eine ziemliche Analogie z. B. betreffs der Tetanusbildung offenbaren, dass also diese beiden rheonomischen Reizverfahren von den intermittirenden galvanischen und inductiven Strömen scharf abweichen und offenbar zu den „milderen" Reizmodi, welche den physiologischen Erregungsimpulsen näherstehen, zugerechnet werden müssen. Zu analogen Reizverfahren scheinen auch die magnetinductiven (Grützner), die polyrheonomischen (Th. W. Engelmann) und vielleicht auch die telephonischen Reizungsarten zu gehören.

Was nun die experimentelle Erledigung jener Aufgaben, d. h. die Construction eines Kymorheonoms betrifft, so lässt sie sich in verschiedener Weise bewirken. Die einfachste Form desselben kann man wohl dadurch erzielen, dass man im Hauptkreise oder in einer Nebenschliessung den Widerstand in bestimmtem Rhythmus und zwischen gewissen Grenzen periodisch zu- und abnehmen lässt. Das von mir construirte Kymorheonom, welches im Wesentlichen aus einem flüssigen Rheostaten mit einer beweglichen Electrode und aus einem Uhrwerk mit Regulatoren besteht, gestattet einen galvanischen Wellenstrom eben gerade durch die rhythmischen Widerstandsänderungen im Kreise zu erzielen.

Wenn wir in bekannter Ohm'scher Formel $J = \frac{E}{W}$ den Nenner in rhythmischer Reihenfolge zwischen den Grössen W und $(W + W')$ wechseln lassen, so bekommen wir eine Reihe von Intensitätsschwankungen $J, J', J, J' \ldots\ldots$ wo $J' = \frac{\text{E}}{W + W'}$. Nennen wir $J - J' = i$, so kann man den Wellenstrom auch so vorstellen: $J, J-i, J, J-i, \ldots$ wo i die Amplitude der Stromesschwankung d. h. Tiefe der Welle bestimmt

$$\frac{i}{J} = \frac{W'}{W + W'} \ldots (1) \text{ und } i = E\left(\frac{W'}{W^2 + WW'}\right) \ldots (2)$$

Dasselbe für eine andere Amplitude $i' = E\left(\frac{W''}{W^2 + WW''}\right)$. Daraus

$$\frac{i}{i'} = \frac{W'(W + W'')}{W''(W + W')} \ldots (3)$$

Aus diesen Formeln sieht man leicht, dass zwischen den Amplitudengrössen der Stromesschwankungen und Widerstandszuwächsen keine einfache direkte Proportionalität besteht und zwar in dem Falle, wenn die Quotienten $\frac{W'}{W}$ und $\frac{W''}{W}$ (gewöhnlich regelmässige Brüche) nicht sehr gering genommen werden. Ist aber der Anfangswiderstand sehr gross im Vergleiche mit seinen Zuwächsen gewählt, so nähern sich die Verhältnisse $(i:i')$ und $(W':W'')$. Die Gleichheit der letzteren stellt sich dann ein, wenn W' und W'' im Vergleiche mit W zu vernachlässigen sind.

In dieser Beziehung sind also die minimalen Stromoscillationen die günstigsten. Nehmen wir aber im Gegentheil die Widerstandszuwachse W' resp. W'' sehr gross, so nähert sich das Verhältniss $\frac{i}{J}$ der Einheit und falls W verschwindend klein im Vergleiche mit W' wird, so folgt daraus die (absolut nicht ganz richtige) Gleichheit $i = J$. In letzterem Falle aber wird die „negative" Phase der Stromesschwankung (d. h. die Abnahme der Intensität durch den Widerstandszuwachs W' verursacht) einer Oeffnung fast gleichwerthig sein, so dass der Wellenstrom als solcher beinahe zu existiren aufhört resp. in einen intermittirenden sich umwandelt.

Diese einfachen Auseinandersetzungen zeigen deutlich — welche Verhältnisse von W, W' und W'' man nehmen muss, um die gewünschte absolute und relative Amplitude der Stromoscillationen zu bewirken.

Wird das Kymorheonom in einen Kreis mit Batterie und Nerven eingeschaltet, so wird der Nenner in Ohm'scher Formel bestehen aus: W_k (Widerstand des Kymorheonoms) + W_h (der des Nerven) + W_a (der der sämmtlichen übrigen leitenden Theile des Kreises). Selbstverständlich wird W_a verschwindend klein im Vergleiche mit W_k und W_h, welche letztere jeder an sich mehrere Tausende Ohm gleichen können (s. unten). Man sieht daraus, dass die Zuwachse W', W'' . . . . des W_k auch sehr bedeutende Werthe haben sollen, um die deutlichen Oscillationen der Stromintensität zu bekommen.

Das von mir nach oben angedeuteten Angaben construirte Kymorheonom besteht, wie gesagt, aus einem flüssigen Rheostat (s. Fig. 1, i) mit einer oberen beweglichen (e) und zweiter fixirten unterer Electrode (g) und einem Uhrwerk mit Excentrique

(*A*), welcher die erste Electrode mit bestimmtem Tempo und Amplitude in Bewegung setzt.

I. Der wesentliche Theil ist der flüssige Rheostat: ein verticales mit entsprechender Flüssigkeit gefülltes Glasröhrchen (*i*), circa 7 cm lang und 3—4 mm breit. Die untere Electrode *g* ist mit dem Röhrchen fest verbunden. Der ursprüngliche Abstand der Spitzen beider Electroden im Innern des Röhrchens kann nach Belieben zwischen 0 und 20 mm mittelst einer Schraube (*k*) variirt werden, welche das ganze Röhrchen mitsammt der unteren Eelectrode gegen die obere verstellbar macht. Das Glasröhrchen hat oben und unten je ein horizontal angelöthetes kleines Ansatzglasröhrchen, von welchen das untere (*l*) den ununterbrochenen Strom der Glycerinflüssigkeit (s. unten) in das Innere des Glasröhrchens einführt; der Abfluss geschieht durch das obere (*m*) Ansatzröhrchen, so dass der Flüssigkeitsstrom stets aufsteigend gehen soll.

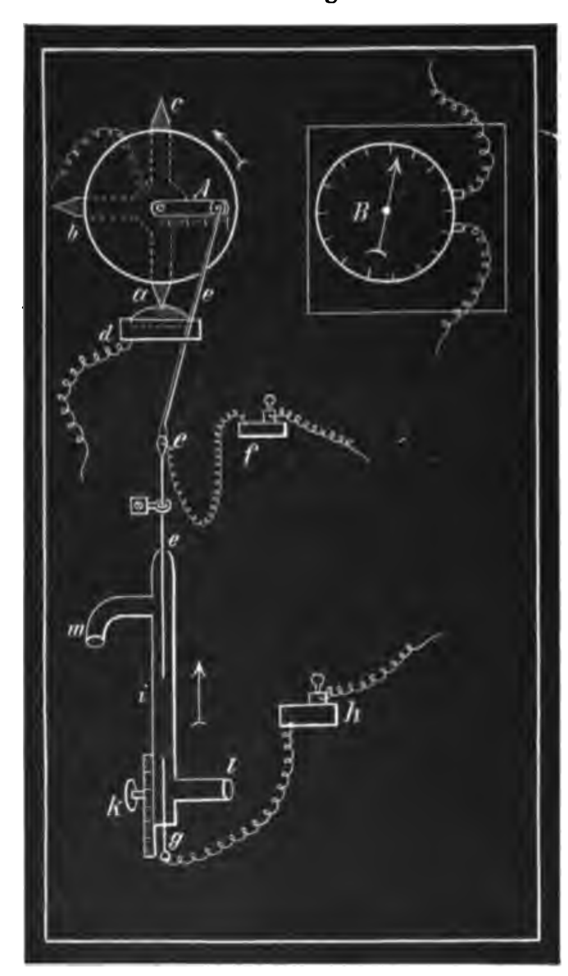


Fig. 1.

Die Zusammensetzung der Flüssigkeit bestand zuerst aus wässeriger concentrirter Lösung von Kupfersulphat mit Glycerin gemischt; in diesem Falle sollen selbstverständlich die Electroden

aus reinem Kupfer gemacht werden. Später in genaueren Versuchen habe ich eine andere Mischung genommen und zwar concentrirte Lösung des Zinksulphats in reinem Glycerin. Es ist empfehlenswerth, diese neubereitete Mischung ein paar Stunden mit frisch bereitetem Zinkoxydhydrat zu digeriren. Als Electroden wurden amalgamirte Zinkstäbchen angewandt. Braucht man aber keine bedeutenden Widerstände im Rheostate, z. B. wenn Kymorheonom als Nebenschliessung angewendet wird, so muss man zu jener Glycerinmischung mehr oder weniger concentrirte wässerige Lösung von Zinksulphat hinzufügen. Da das reine Glycerin an sich nach meinen Bestimmungen dem electrischen Strom einen fast unendlich grossen Widerstand bietet, so kann man durch Zufügen der genannten wässerigen Lösung oder des krystallinischen Salzes zu dem reinen Glycerin in verschiedenen Quantitäten eine Reihe von rheostatischen Mischungen mit verschiedener electrischer Leitungsfähigkeit bereiten, welche sich für alle möglichen Versuchsanordnungen und Stromstärken passend erweisen können. Die Beimischung des Glycerins bietet uns die Möglichkeit, einen genügend grossen W_k zu erhalten und hiermit also auch die Möglichkeit mittelst der relativ geringeren Schwingungen der oberen Electrode sehr grosse Amplituden der Stromesschwankungen zu erzielen; im Gegentheil, ohne Glycerinbeimischung würden sonst äusserst grosse Excursionen der Electrode zu demselben Zweck nöthig sein, was kaum selbst ausführbar sein würde. Die Widerstandsbestimmungen haben ergeben, dass z. B. der Widerstand des n. ischiadici (1 cm Länge) vom Frosch dem der Säule des $ZnSO_4$-Glycerins ($^1/_{10}$—$^1/_{20}$)[1]) von nur 5—12 mm gleich ist. Die stetige aufsteigende Strömung der Flüssigkeit durch das Rheostatröhrchen (aus einem nebenstehenden Reservoir) und das Umrühren derselben durch die schwingende obere Electrode haben für die regelmässige Leistung des Apparates eine grosse Bedeutung und zwar: 1) um die ungleichmässige Vertheilung der leitenden Molekeln zwischen den Electroden zu beseitigen, welche durch die bekannte „Wanderung der Jonen“ eventuell verursacht werden und proportional der Stärke des galvanischen Stromes zunehmen kann; 2) um die mög-

1) d. h. ein Theil der concentrirten Glycerinlösung dieses Salzes mit 10—20 Theilen des reinen Glycerins gemischt.

liche chemische Ungleichmässigkeit, welche vom starken durchfliessenden electrischen Strome bedingt werden könnte (electrolytische Producte) zu vermeiden; eben für denselben Zweck soll die Richtung des galvanischen Stromes im Rheostate auch aufsteigend sein; 3) wegen der eventuell häufigen Schwingungen der oberen Electrode in der zähen dicken Glycerinflüssigkeit, d. h. wegen der starken Reibung ensteht ein thermoelectrischer Strom, welcher aber im Vergleich mit dem durchfliessenden galvanischen Strome verschwindend klein ist. Die Strömung der Flüssigkeit beseitigt auch diesen Uebelstand, obwohl er an sich so geringfügig ausfällt.

Die Controlversuche (s. unten) mit und ohne die Flüssigkeitsströmung haben ergeben, dass im zweiten Falle der im Kreis eingeschaltete Galvanometer eine nicht unbedeutende Abnahme der mittleren Intensität eines starken galvanischen Wellenstromes zeigt, währenddem im ersten Falle unter gewissen Bedingungen die Stromstärke 1—2 Stunden und noch mehr ganz constant bleibt.

II. Der zweite Theil des Kymorheonoms ist ein complicirtes Uhrwerk, mit 2 Regulatoren versehen, welche nach Belieben eingeführt oder ausgeschaltet werden können. Ein Regulator arbeitet automatisch und dient zur Erlangung der Gleichmässigkeit der Bewegung; der zweite zur Erzielung des langsameren Tempos. Eine horizontale Axe des Uhrwerks trägt von aussen eine Scheibe *A* (Excentrique), an welcher das obere Ende der (oberen) beweglichen Electrode *e* ex centro in beliebiger Entfernung von der Axe mittelst einer kleinen Schraube (in der Zeichnung unsichtbar) fixirt werden kann. Die maximale Schwingungs-Amplitude der Electrode (doppelter Radius) beträgt bis 30 mm. Um die Bewegungen der letzteren zu ermöglichen, muss man selbstverständlich die obere Electrode aus 2 Theilen zusammenstellen, welche mittelst eines Scharnirs (mittleres *e*) mit einander verbunden sind.

Das Uhrwerk ist noch mit einer Zählerscheibe (*B*) versehen, welche die Frequenz der Electrode-Schwingungen genau angibt. Ausserdem ist noch eine electro-magnetische Markirung der Oscillationen derselben im Innern des Uhrwerks angebracht und zwar so, dass jede Marke 4 vollen Schwingungen entspricht, was die Registrirung selbst bei sehr hoher Frequenz ermöglicht. Was die letztere überhaupt betrifft, so kann man mit Hülfe der Regulatoren sie in weiten Grenzen von 1 Schwingung in 2 Secunden bis 100—150 (bei kleineren Amplituden) in einer Secunde variiren,

indem man auch die Gewichte, die das Uhrwerk treiben, entsprechenderweise vertauscht.

Bei sehr langsamen Bewegungen ist es für manche specielle Zwecke sehr wichtig, die einzelnen Phasen jeder Schwingung der oberen Electrode zu registriren, um etwa durch den Vergleich derselben mit gleichzeitigem Myogramme die Erregungsmomente genau zu bestimmen. Diese Aufgabe wird mit Hülfe der besonderen electro-magnetischen Markirung einfach gelöst, indem man die 3 Contactspitzen (*a*, *b*, *c*), die zu einander je unter einem Winkel von 90° stehen, an der Axe der oben erwähnten Excentrikscheibe isolirt anbringt, so dass sie bei einem Umdrehen der Axe eine nach der anderen die darunter befindliche Quecksilberkuppe (*d*) berühren. Auf diese Weise entsprechend den 4 Quadranten je einer Kreisbewegung der Excentriqueaxe, d. h. einer ganzen Schwingung der oberen Electrode, bekommt man die Registrirung in Form von 3 Zeichen und einer doppelt längeren Pause (180°), was die Drehungs- resp. Schwingungspause von einander zu unterscheiden ermöglicht.

Die Anwendung eines flüssigen Glycerinrheostates bedarf einer speciellen Erörterung, weil manche Einwände dagegen so leicht sich erheben lassen.

Was die electrische Leistungsfähigkeit des Glycerins betrifft, so bietet nach unseren Bestimmungen diese chemisch reine Substanz dem galvanischen Strom einen fast unendlich grossen Widerstand, z. B. ein sehr empfindlicher Multiplikator von Du Bois-Reymond in einen Kreis mit 8—10 Elementen von Léclanché oder Daniel eingeschaltet zeigt bei der Schliessung der Kette mit einer Glycerinsäule von nur 0,5—1,0 mm Höhe so gut wie gar keine Ablenkung. Mischt man aber krystallinisches Zink- oder Kupfersulphat hinzu, so steigt die electrische Leitungsfähigkeit ungefähr proportional der Menge des gelösten Salzes bis zu einer gewissen Grenze. Noch einfacher und schneller — wie oben schon erwähnt ist — gelangt man zu demselben Resultate, indem man das reine Glycerin mit der concentrirten wässerigen Lösung desselben Salzes in entsprechender Proportion zusammenmischt.

Nimmt man eine Mischung aus 10—20 Vol. des reinen Glycerins und 1 Vol. der gesättigten Glycerinlösung des Zinksulphat (kurzweg :

Zn-Glycerin $^1/_{10}$ resp. $^1/_{20}$) bestehend, so bekommt man hierin eine sehr bequeme Rheonomflüssigkeit, deren Widerstand mittelst der kleinen Schwingungen der oberen Electrode von ein paar Millimetern einen genügend wirksamen galvanischen Wellenstrom im Kreise mit einem Froschnerven und 3—6 galvanischen Elementen hervorzubringen zulässt. Dasselbe gilt ungefähr auch für ähnliche Glycerinlösung von Kupfersulphat. Eine Säule dieser Flüssigkeiten von ein paar mm hoch besitzt einen galvanischen Widerstand 30000—60000 Ohm und noch mehr. Bei 7 mm Höhe bietet die reine Glycerinlösung von Kupfersulphat einen Widerstand von 161000 Ohm; währenddem gesättigte wässerige Lösung von Kupfersulphat (für 1 ccm) einen unvergleichlich viel geringeren Widerstand von nur 29,3 Ohm besitzt. Ungefähr gilt dasselbe Verhältniss auch für concentrirte wässerige und Glycerinlösungen von Zinksulphat. Was die Bestimmung dieses Werthes für unsere Glycerinmischungen betrifft, so habe ich nach der Substitutionsmethode, so wie auch Wheatstone'scher Brücke und durch den direkten Vergleich des Widerstandes der zu untersuchenden Flüssigkeit mit dem eines Rheostaten in demselben Kreise[1]).

Der Haupteinwand gegen die Anwendung des Glycerinrheostates überhaupt könnte sich auf die Möglichkeit einer nicht unbedeutenden Polarisation beziehen, welche die Regelmässigkeit sowohl der mittleren Stromstärke, als auch der Oscillationen selbst vermuthlich beeinträchtigen könnte. Aus dem obengesagten aber sieht man schon, dass dieser Fehler allerdings sehr gering sein muss, worauf schon der stetige Flüssigkeitsstrom im Rheostatröhrchen, das Umrühren und der sehr grosse Widerstand hindeuten. Trotzdem aber habe ich einige specielle Versuche angestellt, um die betreffenden physikalischen Eigenschaften unseres Kymorheonoms näher zu prüfen.

---

1) Der letztere bestand aus einer Batterie, Rheostat und Glycerinmischung; bei stets geschlossenem Kreise und bei constanter Stromstärke wurde ein Condensator (Microfarad) durch Ableitung von je 2 Punkten des Kreises geladen und gleich nachher die Spannungsdifferenz durch ein Quadrantelectrometer von W. Tompson gemessen. Diese nach bekannter Methode ausgeführte Bestimmung der Potentialdifferenzen je unmittelbar von beiden Seiten 1. des Rheostat und 2. der Glycerinmischung lässt uns unter angegebener Anordnung jene Widerstände direct mit einander vergleichen.

Bildet man einen Kreis aus Multiplicator Kymorheonom, so überzeugt man sich leicht, dass unter gewissen Cautelen, falls das Glycerin chemisch rein (sine acido!) war, seine Mischung mit Zinksulphat keinen Strom oder aber einen äusserst geringfügigen verursacht, welcher sich bald bis Null ausgleicht. Die Zumischung des Glycerins also beeinträchtigt die Unpolarisirbarkeit der bekannten Zinkcombination so gut wie gar nicht. Dasselbe gilt in gewissem Grade auch für die Kupfercombination, besonders wenn man die Stärke des zu benutzenden galvanischen Wellenstromes mit der des eigenen Polarisationsstromes vergleicht.

Was die Polarisation durch den galvanischen Strom betrifft, so lässt sich aus denselben Gründen a priori vermuthen, dass ihre Grösse relativ auch sehr geringfügig sein kann. Die Controlversuche haben diese Voraussetzung vollkommen bestätigt. In bekannter Weise wurden 2 Kreise zusammengestellt: 1) Kymorheonom — Batterie — Siemen'sche Universalboussole — Pohl'sche Wippe ohne Kreuz; 2) dasselbe Kymorheonom — Multiplicator von Du Bois-Reymond — dieselbe Wippe. Die letztere war in der Weise eingeführt, dass durch rasches Umwerfen derselben das Kymorheonom aus dem ersten Kreise in den zweiten übergeführt wird, welcher damit sofort nach dem Oeffnen des ersteren geschlossen wird. Leitet man während $1/2 - 1$ Minute zuerst durch den ersteren Kreis bei Zn-Glycerinsäule 2—20 mm im Rheonom einen galvanischen Strom von 3—5 Elementen (Daniel oder Léclanché), so bekommt man gleich nachher den Polarisationsstrom von höchstens 10—20° Magnetablenkung, welche rasch abnimmt. Um den relativ sehr geringfügigen Werth der letzteren zu veranschaulichen, braucht man nur den folgenden Versuch zu erwähnen: stellt man einen Kreis aus demselben Multiplicator, Kymorheonom derselben Anordnung und bloss 1 Daniel'sches Element zusammen, so wird beim Schliessen desselben der Magnet mit grosser Kraft gegen die Hemmungsvorrichtung (90°) geworfen, ja selbst in dem Falle, wenn die Höhe der Zn-Glycerinsäule statt 5—20 mm bis auf 100 mm und noch mehr vergrössert wird, d. h. wenn die Intensität des Stromes absolut sehr stark vermindert wurde. Daraus überzeugt man sich vollständig, dass der oben erwähnte Polarisationsstrom (10—20° des Multiplicators) im Vergleiche mit der Stärke des polarisirenden Stromes in der That zu vernachlässigen war.

— Leitet man aber einen starken Batteriestrom von 10—20 Elementen durch die Glycerinflüssigkeit während mehrerer Minuten, so entsteht ein absolut nicht unbedeutender Polarisationsstrom, dessen relative Intensität sich doch äusserst geringfügig erweist. Sein Werth tritt aber in noch viel geringerem Grade hervor, wenn man die Flüssigkeit im Rheonomröhrchen ununterbrochen strömen und gleichzeitig die obere Electrode in demselben schwingen lässt, weil man damit eine stetige Erneuerung der Flüssigkeit zwischen den Zn-Electroden im Röhrchen bewerkstelligt und das Anhaften der Jonen (Gase) an der oberen Electrode beseitigt.

Da die Polarisirbarkeit der Glycerinflüssigkeit uns hauptsächlich insofern interessirte — wie weit sie die Constanz der mittleren Stromstärke bei kymorheonomischen Versuchen beeinflussen kann, — so haben wir in dieser Beziehung directe Prüfung angestellt, indem wir in den Kreis — aus ein paar Elementen von Daniel oder Raoult, Kymorheonom und Nerv (auf unpolarisirbaren Pinsel-Electroden) bestehend — noch einen empfindlichen Galvanometer (Rheometer von Zenger oder Universalboussole von Siemens) einschalteten. Der Kreis wurde während 5—15—30 Minuten und noch mehr geschlossen, Kymorheonom in Gang gesetzt, d. h. die obere Electrode schwingt, und Glycerinflüssigkeit strömt fortwährend durch. Auf diese Weise hat es sich herausgestellt, dass unter genannten Umständen die mittlere Stromintensität so gut wie gar keine Abnahme erleidet. Ihre Schwankungen betrugen während des langdauernden Geschlossenseins des Kreises nur sehr unbedeutende Werthe, z. B. 1) 26°—27°—25,5°—26,5°; 2) 44°—43°—44°—42,5°—43,5° (Rheometer von Zenger). In einer anderen Beobachtungsreihe (Universalboussole von Siemens): 3) 47,8°; nach 8 Minuten — 47,2°, nach 12 Minuten 46,5°; nach 15 Minuten 46°; Kreis geöffnet und nach Verlauf von 2 Minuten wieder geschlossen: sofort 47,2°. Da die Beständigkeit der Stromstärke bei der geringeren Zn-Glycerinsäule, d. h. Electroden-Abstand (*EA*), mehr gefährdet ist, so habe ich auch in dieser Anordnung geprüft und ganz dieselben Resultate bekommen, z. B. *EA* gleich nur 3 mm, die Rheostatflüssigkeit strömt ununterbrochen, die Stromstärke (in Grad von Zenger's Rheometer) je nach 4 Minuten abgelesen: 27,5°—25,5°—26,0°—25,5°—26,5°—26,5°. Dieselbe Anordnung, bloss *EA* grösser und zwar 10 mm (Ablesen je in 2 Minuten): 15°—14,5°—14,5°—14,5°. Man

sieht schon daraus, dass, um die Beständigkeit der Stromstärke mehr zu garantiren, es sich empfiehlt, ein paar Minuten nach der Schliessung des Kreises abzuwarten. In dem Falle aber, dass das Kymorheonom in Gang gesetzt wird resp. das stetige Umrühren der Flüssigkeit vorhanden ist, stellt sich die beständige Magnetablenkung viel schneller ein. In anderen eben solchen Versuchen haben wir den Microgalvanometer von J. Rosenthal in mehr empfindlicher Anordnung angewendet und ganz ähnliche Resultate bekommen.

Prüft man das Constantbleiben der mittleren Stärke des Wellenstromes oder des constanten (d. h. ohne Electrodenbewegung) mit und ohne das Durchfliessen des Zn-Glycerins, so — wie oben gesagt — merkt man sogleich, dass sobald man den Flüssigkeitsstrom unterbricht, die Stromstärke bis su einem Minimum abnimmt und umgekehrt; lässt man sie wieder fliessen, so steigt die Stromstärke. Die Beschleunigung dieses Fliessens begünstigt die Erreichung des Maximum der Stromintensität. Die ziemlich grosse Abhängigkeit der Magnetablenkung von der Erneuerung der Glycerinsäule kommt bloss bei starkem Batteriestrom zum Vorschein; es kommt dabei sehr viel darauf an, was für eine Combination benutzt wird: starke Batterie und Glycerinmischungen mit grossem Widerstande oder eine schwächere Batterie und Zn-Glycerin von besserer Leistungsfähigkeit (z. B. mit wässeriger Lösung von $ZnSO_4$ gemischt). Die letztere Combination erweist sich in manchen Beziehungen als viel günstiger.

In ähnlicher Weise kann man sich leicht überzeugen, dass die Schwingungen der oberen Electrode für das Erreichen des Maximums und der Constanz der Stromstärke auch keine geringe Bedeutung haben, obwohl nicht in so hohem Grade wie die Flüssigkeitsströmung. Dabei kommt es viel darauf an — wie gross die Amplitude und die Zahl der Schwingungen ist, wie weit der Abstand zwischen beiden Electroden im Zn-Glycerin sich ergiebt und wie dick diese Flüssigkeit ist u. s. w.

Was nun die Anzeige des in den Kreis des Kymorheonoms eingeschalteten Galvanometers betrifft, so hängt sie im Wesentlichen von der Häufigkeit der Elektrodenschwingungen ab: ist das Intervall sehr gross, d. h. bewegt sich die obere Electrode sehr langsam, so zeigt die Magnetablenkung das Maximum der Stromstärke oder schwankt zwischen beiden Grenzen; schwingt aber

die Electrode in schnellem Tempo, so nimmt der Magnet genau eine mittlere Lage als arythmetisches Mittel zwischen Maximum und Minimum der Stärke des galvanischen Wellenstromes. Dieselbe mittlere Stellung der Magnetnadel findet sich auch in dem Falle, wenn die obere Electrode in ihrer mittleren Lage der Schwingungsamplitude unbeweglich fixirt wird.

Es ist nicht unwichtig, hier noch einer Erscheinung Erwähnung zu thun, welche bei der physicalischen Prüfung des Kymorheonoms zum Vorschein kam, nämlich — des oben erwähnten thermoelectrischen Stromes. In einem „stromlosen" Kreise aus Kymorheonom und Multiplicator von Du Bois-Reymond bestehend steht die Magnetnadel, wie gesagt, auf Null oder beinahe auf Null. Lässt man nun aber die obere Electrode in der genügend hohen stehenden Flüssigkeitssäule schwingen, so nimmt man bald eine Magnetablenkung wahr, welche unter gewissen Bedingungen hauptsächlich bei geringem Widerstande 30—40° betragen kann und allmählich sich bis Null vermindert. Je schneller die Electrode schwingt, desto stärkerer Strom entwickelt sich; mit der Verdünnung des Zn-Glycerins (oder Cu-) aber nimmt er ab. — Hier haben wir es offenbar mit einem thermoelectrischen Strom zu thun, welcher in Folge der starken Reibung der oberen beweglichen Electrode in einer so zähen Flüssigkeit entsteht[1]). Specielle diesbezügliche Versuche mit verschieden temperirten Glycerinsäulen haben diese Erklärung vollkommen bestätigt. — Was die Intensität dieses Stromes betrifft, so ist sie im Vergleiche mit der mittleren Stärke desjenigen Wellenstromes, welcher nach seiner physiologischen Wirkung eben als minimal bezeichnet werden kann, äusserst gering, so dass man ihn vollkommen vernachlässigen darf, besonders, wenn die corrigirende Wirkung einer stetigen Flüssigkeitsströmung in Kraft kommt.

Die oben angeführten Angaben lassen uns die Anwendung der Glycerinflüssigkeit für kymorheonomische Zwecke unter gewissen Kautelen als vollkommen berechtigt und zulässig betrachten.

---

1) Specifisches Gewicht von Zn-Glycerin $^1/_5$—1,2820; von $^1/_{10}$—1,2643; von $^1/_{20}$—1,2637; des reinen Glycerins 1,250.

Es bleibt uns noch eine wichtige Frage zu erörtern und zwar die Form der Schwankungscurve des galvanischen Wellenstromes betreffend. Die schon jetzt bekannten Thatsachen weisen auf eine grosse Bedeutung des zeitlichen Verlaufes der Stromschwankung für die physiologischen Einwirkungen hin. Aus der Beschreibung des Kymorheonoms sieht man leicht (Fig 5 *B*), dass die beiden — „negative" (*af*) und „positive" (*fg*) — Phasen einer ganzen Stromoscillation in genau denselben Grenzen gleichförmig zu Stande kommen, so dass sie sich entsprechenderweise vollkommen symmetrisch erweisen[1]). Es genügt also die Curve einer von denselben zu bestimmen, d. h. die Veränderung der Stromintensität mit der Zunahme des Electrodenabstandes (= der Höhe der Zn-Glycerinsäule) resp. „negative" Phase oder umgekehrt festzustellen, um die Curve der ganzen Schwankungswelle und hiermit des Wellenstromes zu construiren. Der zeitliche Verlauf der Stromstärke in dem Kymorheonom ist eine Function von zwei unabhängigen variabelen Factoren: 1) vom zeitlichen Verlauf der Schwingung der oberen Electrode, d. h. von der Variation der Höhe der interpolaren Flüssigkeitssäule (*EA*) und 2) von der relativen Aenderung des Widerstandes dieser Rheostatsäule resp. von der Aenderung der Stromstärke verursacht durch die Variation der Lage der oberen Electrode für jeden Zeitelement einer Schwingungswelle.

Um die Abhängigkeit der Stromintensität vom Electrodenabstand (*EA*) im Rheostatröhrchen zu bestimmen, habe ich theilweise unter Mitwirkung von Herrn Dr. C. Danilewsky, Dr. J. Motet und Dr. J. Tschuewsky directe galvanometrische Messungen für verschiedene Combinationen von Zn-Glycerin (variabler Concentration), Zahl der galvanischen Elemente, Widerstände *Wn* und *Wk* angestellt. Die Anordnung dieser Versuche bestand in Folgendem:

---

1) Die Schwankungscurve kann aber keine symmetrische Form besitzen, wie die Fig. 5 *C* und *D* zeigen, wo beide Phasen ungleichmässig verlaufen. Solchen asymmetrischen Stromoscillationen kommen selbstverständlich auch ungleichartige physiologische Einwirkungen (s. unten) zu. Um diese Oscillationen zu erzielen, braucht man den Excentrique (Fig. 1 *A*) mit einer entsprechend gebogenen Spalte zu versehen, welche das obere Ende *e* mitführt (C. Danilewsky l. c.).

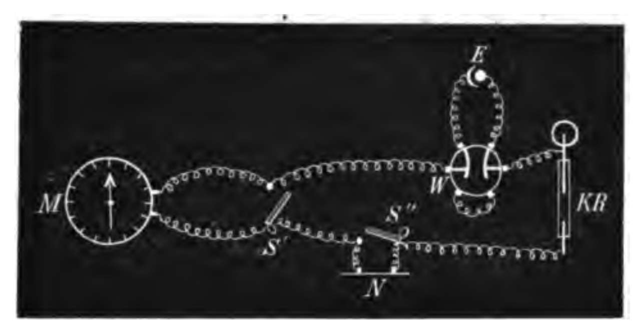


Fig. 2.

M = Microgalvanometer von J. Rosenthal; *S'*, *S''* = Vorreiberschlüssel von Du Bois-Reymond; *E* = Batterie; *KR* = Kymorheonom; *W* = Pohl'sche Wippe ohne Kreuz; *N* = Nerv.

Aus der Zeichnung sieht man sofort, dass diese Anordnung für verschiedene Zwecke benutzt werden kann: 1) öffnet man die Schlüssel *S'*, *S''* und stellt die Wippe, wie in Zeichnung angegeben, so bekommen wir einen allgemeinen Kreis, aus *M*, *E*, *N* und *KR* bestehend. Fixirt man die obere Electrode des *KR* in verschiedenem Abstände von der unteren, so kann man die Intensität des Stromes in ihrem Zusammenhange mit der Variation *EA* resp. W_k Schritt für Schritt bestimmen. — Bei derselben Anordnung ist man im Stande, auch die Constanz der mittleren Stromstärke beim Gange des *KR* oder bei fixirter oberer Electrode in der Zeit zu verfolgen. — 2) Schliesst man den Schlüssel *S''*, so wird der Nerv ausgeschaltet, in Folge dessen nimmt die Stromstärke zu. Nun vergrössert man die Zn-Glycerinsäule *EA*, bis die ursprüngliche Magnetablenkung wiederhergestellt wird. Auf diese Weise sind mittelst der Substitution die vergleichenden Widerstandsbestimmungen für Nerven und Zn-Glycerin unter gewissen Bedingungen leicht ausführbar. — 3) Weiter lässt dieselbe Anordnung auch die Polarisation des Zn-Glycerins durch den galvanischen Strom untersuchen, indem man *KR* zuerst nur mit der Batterie und nachher nur mit dem Galvanometer ohne der durch das Umdrehen der Wippe ausgeschlossenen Batterie combinirt. — 4) Schaltet man die Batterie und den Nerven aus, so bekommt man einen Kreis aus *M* und *KR*, was eventuell den Nachweis des thermoelectrischen Stromes zulässt.

Die galvanometrischen Bestimmungen (sub 1) haben im Allgemeinen ergeben, dass — was schon a priori zu vermuthen war

— zwischen der Variation der Zn-Glycerinsäule (*EA*) und entsprechenden Aenderungen der Stromstärke keine directe Proportionalität existirt: je näher die Electroden aneinander kommen, d. h. je kleiner *EA* wird, desto relativ grössere Widerstandsänderung kommt einer Abstandseinheit (von *EA*) zu oder desto grössere Variation der Stromstärke findet statt. Das ist eine einfache Folgerung der oben angedeuteten Verhältnisse der Widerstände W^1 und $(Wn + Wk)$. Daraus geht hervor, dass bei geringerem Werthe von *EA* schon sehr kleine Excursionen der oberen Electrode genügen, um grosse Intensitätsschwankungen des Stromes zu veranlassen. Nimmt man nun von vornherein ceteris paribus grössere Werthe für *EA*, so werden jetzt dieselben Excursionen der Electrode selbstverständlich relativ viel geringere Aenderungen der Stromstärke verursachen.

Aus einer grossen Zahl der angestellten galvanometrischen Bestimmungen führe ich hier als Beispiele nur einige an, welche die Abhängigkeit der Stromintesität von der Höhe der Zn-Glycerinsäule (*EA*) klar darstellen. Die Batterie bestand aus 2—4 Elementen von Daniel oder Raoult; Nervus ischiadicus vom Frosch auf Platinstiefeln (weniger regelmässige Zahlenergebnisse!) oder auf unpolarisirbaren Electroden ruhend; die zu polarisirende Strecke des Nerven 5—8 mm; die Stromstärke (*J*) direct in Scalatheilen des Microgalvanometers ausgedrückt; Diff. = Differenz des *J*; *J'* = Stromstärke ceteris paribus nur nach der Ausschaltung des Nerven (Schlüssel *S''* geschlossen); *EA*=Zn-Glycerinsäule in mm; Zn-Glycerin $^1/_5$.

Versuch 1.

No.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
EA:	17	15	13	11	9	7	5	3	1	0,5	mm
J:	8	9,1	10	11	12	12,7	14,5	16	18,5	23,8	sc. th.
Diff.:		1,1	0,9	1,0	1,0	0,7	1,8	1,5	2,5	5,3	

Versuch 2.

No.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9
EA:	16	14	12	10	8	6	4	2	1
J:	31,5	34,5	37,5	44	53	66	89	122	180
Diff.:		3,0	3,0	6,5	9	13	23	33	58

Versuch 3.

No.:	1	2	3	4	5
EA:	17	13	9	5	3
J:	16	21,3	27	37	46
(ohne den Nerven) *J'*:	24,3	32	45	74	105

Versuch 4.

No.:	1	2	3	4	5	6	7	8
EA:	13	11	9	7	5	3	2	1
J':	8,4	8,9	9,5	10,7	12,9	16,5	20,5	27,2
Diff.:	0,5	0,6	1,2	2,2	3,6	4,0	6,7	

Versuch 5. (Zn-Glycerin $^1/_{15}$, 4 Daniel).

No.:	1	2	3	4	5	6	7
FA:	7	5	4	3	2	1	0
J:	5,5	6,2	6,4	6,7	7,5	8,9	102
J':	5,8	6,6	6,9	7,6	8,3	9,8	

Dieser Versuch zeigt deutlich, dass eine schon geringe Säule des Zn-Glycerins ($^1/_{15}$) von nur 1 mm Höhe eine äusserst starke Abnahme der Stromintensität (von 102 auf 8,9 sc. th.) veranlasst. Weiter sieht man noch daraus, dass der Unterschied zwischen den entsprechenden Werthen von *J* und *J'* viel geringer als sonst ausfällt, dass also der Widerstand des Nerven viel geringeren Einfluss auf die Magnetausschläge bei Zn-Glycerin $^1/_{15}$ als bei den von $^1/_5$ Concentration ausübt, was natürlich schon im Voraus zu behaupten war.

Versuch 6. (Zn-Glycerin $^1/_{10}$).

No.:	1	2	3	4
EA:	15	11	7	3
J:	27,5	31,8	45,5	76,0
Diff.:	4,3	13,7	30,5	

Aus den beigefügten Zahlenergebnissen, z. B. dieses 6. Versuches, lässt sich die Stromintensität (in sc. th.) für je 1 mm der Glycerinsäule (*EA*) berechnen $\left(\frac{4,3}{4}, \frac{13,7}{4}, \frac{30,5}{4}\right)$

No :	1—2	2—3	3—4
J für je 1 mm *EA* :	1,1	3,4	7,6 sc. th.

Hiermit bekommt man eine Bestätigung des oben Gesagten und zwar dass **der galvanometrische Werth für die Einheit der Flüssigkeitssäule bei der angege-**

benen Versuchsanordnung um so grösser, je geringer die letztere selbst ist.

In einer anderen Reihe von galvanometrischen Bestimmungen (Nervus ischiadicus vom Frosch auf unpolarisirbaren Electroden, Batterie von 10 Léclanché-Barbier, Edelmann's Galvanometer (Milliampèremeter), Universalboussole von Siemens, kymorheonomische Zn-Glycerinröhrchen) sind folgende Werthe erhalten.

1. Zn-Glycerin $^1/_5$

EA	M. A.	Univ. bouss.
28 mm	0,034	12,8 °
24	0,038	14,2
20	0,044	16,2
16	0,051	18,4
14	0,054	19,6
12	0,055	20,4
10	0,060	22,0
9	0,068	24,6
8	0,070	26,8
7	0,075	27,0
6	0,078	27,6
5	0,085	29,6
4	0,085 (?)	30,2
3	0,091	31,2
2	0,095	32,0

1 ° von Siemen's Boussole entspricht hier 0,003 M. A.

2. Zn-Glycerin $^1/_{10}$.

EA	M. A.	Univ. bouss.
28 mm	0,042	14,0 °
26	0,044	14,2
24	0,044	14,2
22	0,045	14,8
20	0,048	15,4
18	0,050	16,8
12	0,062	20,2
10	0,068	21,6
8	0,075	24,6
6	0,087	28,8
4	0,110	35,2
2	0,140	47,6

3. Zn-Glycerin $^1/_{15}$.

EA	M. A.	Univ. bouss.
30 mm	0,010	4,6 °
26	0,014	5,2
22	0,017	6,2
15	0,020	8,2
14	0,021	8,6
13	0,024	9,2
6	0,052	18,4
5	0,058	19,8
4	0,068	23,4
3	0,080	28,0
2	0,095	32,4
1	0,110	38,0

4. Zn-Glycerin $^1/_{20}$, d. h. mit viel grösserem Zusatz von reinem Glycerin und desshalb von grösserem Widerstande als alle anderen Rheostatflüssigkeiten.

EA	M. A.	Univ. bouss.
28 mm	0,017	7,6 °
24	0,019	8,0
20	0,020	8,4
16	0,020 (?)	10,0
11	—	10,4
9	0,022	11,0
7	0,025	11,4
5	0,030	12,8
3	0,035	15,8
1	0,045	19,8

5. Zn-Glycerin $^1/_5$; 6 Lélanché; Universal-Boussole von Siemens; die Stromstärke (J) direct in Sinus-Werthen der Magnetablenkung ausgedrückt:

EA:	60 mm	50	40	30	20	10	5	0
J:	0,098	0,105	0,122	0,146	0,187	0,259	0,358	0,530
Diff.:		0,007	0,017	0,024	0,041	0,072	0,099	0,172

Auf diese Weise sind die galvanometrischen Werthe für verschiedene Combinationen von Zn-Glycerin ($^1/_5$, $^1/_{10}$ u. a.) und der Batterie erhalten, welche Stromstärke für jede beliebige Zn-Glycerinsäule (*EA*) angeben. Kennt man nun die Variation der *EA* in der Zeit, d. h. während einer Schwingung der oberen Electrode, indem die Abscisse in der graphischen Darstellung die Zeitelemente darstellt, so bekommt man selbstverständlich eine Sinusoïde, als die Curve des zeitlichen Verlaufes der Electroden-Schwingung. Sie giebt die Höhe des Zn-Glycerins für jeden Zeitmoment der Oscillation. Wenn man nun für die verschiedenen Punkte dieser Sinusoïde *abc*, *a'b'c'* die entsprechenden galvanometrischen Werthe (z. B. in Scalatheilen eines Microgalvanometers ausgedrückt) als Ordinaten auf die Zeitabscisse, welche zugleich die Nulllinie der Stromstärke darstellt, anbringt, so bekommt man die symmetrische Curve einer Schwankungswelle der Stromintensität (Fig. 3 und 4), welche den zeitlichen Verlauf der letzteren darstellt. Man unterscheidet darin die Schwingungsdauer, die Steilheit und die Tiefe (absolute und relative) der Intensitätswelle. Was nun die Form der letzteren betrifft, so erweist sie sich als ziemlich verschieden abhängig von der Stromstärke, Schwingungsamplitude u. a. Die Tiefe der Schwankungswelle hängt nicht nur von der Amplitude der Electrodenoscillation (*gh*, *g'h'*) allein ab, sondern auch von *EA* bei dem Maximum der Stromstärke (Max. *J*), d. h. von dem minimalen Electrodenabstande (*E'A'*) im Zn-Glycerinröhrchen (*b'e* in Fig. 4). Als Beispiel mögen folgende Zahlen dienen (constante Schwingungsamplitude 16 mm, Zn-Glycerin $^1/_{10}$):

				Tiefe der Welle	
1.	bei *EA* 12 mm,	**Max.** *J* 0,048 M. A.,	**Min.** *J* 0,029 M. A.;	absol. 0,019;	relat. 0,40
2.	„ „ 10 „	„ 0,051 „	„ 0,029 „	„ 0,022	„ 0,43
3.	„ „ 8 „	„ 0,059 „	„ 0,029 „	„ 0,030	„ 0,51
4.	„ „ 6 „	„ 0,070 „	„ 0,030 „	„ 0,040	„ 0,57
5.	„ „ 4 „	„ 0,091 „	„ 0,034 „	„ 0,057	„ 0,63

Man sieht daraus, dass je kleiner *E'A'* ceteris paribus ist, desto grösser wird die absolute und relative Tiefe der Schwankungswelle; die relative nimmt aber weit langsamer als die absolute zu.

Fig. 3 stellt als Beispiel vier Schwankungswellen der Stromstärke auf eine und dieselbe Sinusoïde *abc* bezogen (d. h. bei constanter Schwingungsdauer und Amplitude der oberen Electrode)

dar, welche bei demselben Zn-Glycerin aber bei variablem $E'A'$ erhalten sind; dem kleinsten $E'A'$ entspricht die Welle 1; dem grössten Curve 4. Die eingeklammerten Ziffern zeigen die Stromstärke in Scalatheilen des Microgalvanometers von J. Rosenthal ausgedrückt. Dieses Curvensystem veranschaulicht deutlich, dass wenn die obere Electrode mit constanter Oscillationsamplitude weiter von der unteren schwingt, so werden hierdurch die Tiefe und die Steilheit der Schwankungswelle entsprechend abnehmen. Also ein je grösserer Theil der interpolaren Zn-Glycerinsäule in den Schwingungsverlauf der oberen Electrode aufgenommen wird, desto steiler und tiefer wird die Intensitätwelle.

Dies wird dadurch erreicht, dass man die untere Electrode (Fig. 1) sammt dem Röhrchen (i) mittelst der Schraube k gegen

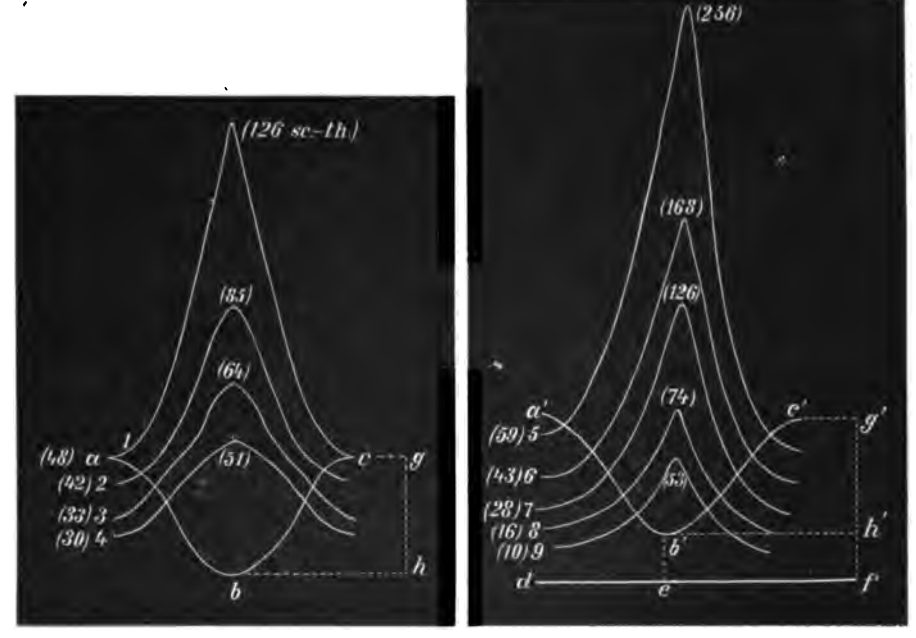


Fig. 3 Fig. 4.

die obere hinaufschiebt. Die Curve 1 entspricht dem $E'A'$ gleich 1 mm; die 2. = 5 mm; die 3. = 9 mm; die 4. = 13 mm. Die constante Schwingungsamplitude (Fig. 3 gh) = 14 mm. (Das Zusammentreffen der Endpunkte a, c von der ersten Curve und der Sinusoïde abc ist als zufällig zu betrachten.)

Fig. 4 stellt ein zusammengesetztes Curvensystem[1]) dar. Die

Curven 5 und 6 stellen die Schwankungswellen dar, welche bei einer und derselben Batteriestärke (10 Léclanché), bei constanter Schwingungsamplitude und $E'A'$ ($= b'e$), aber bei variablem Zn-Glycerin erhalten wurden: die Curve 5 bezieht sich auf Zn-Glycerin

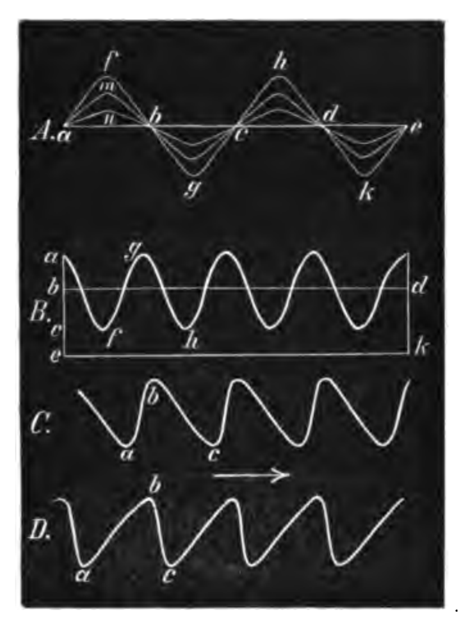


Fig. 5.

$^1/_5$, die 6. auf die $^1/_{20}$ (von viel grösserem Widerstande). Die feste Lage der unteren Electrode wird durch *def* bezeichnet; g'h' = 28 mm; $b'e = E'A' = 1$ mm.

Man sieht, dass überhaupt die Form der Schwankungswelle von demselben Typus bleibt; die absolute Tiefe der Welle hat stark abgenommen (von 197 sc. th. auf 125), die relative aber bleibt wenig verändert (0,77 und 0,74).

Die Schwankungswellen 7, 8 und 9 sind bei constanter Schwingungsamplitude (28 mm), $E'A'$ (1 mm) und demselben Zn-Glycerin $^1/_5$ erhalten, aber bei variabler Batteriestärke: Curve 7 bei 5 Léclanché, die 8. bei 3 L., die 9. bei 2 L. Also lässt der Vergleich der Curven 5, 7, 8 und 9 mit einander ceteris paribus den Einfluss der Batteriestärke auf die Schwankungswelle erkennen; mit

1) Die Ordinaten dieser Curven sind wegen der Raumersparniss in kleinerem Maassstabe als die der Fig. 3 gezeichnet.

der Höhe nimmt bei constanter Schwingungsdauer auch die Steilheit der Welle natürlich zu. Vergleicht man nun dieses Curvensystem mit dem der Fig. 3, so bemerkt man sofort, dass die mehr flachen Schwankungswellen bei derselben Stromintensität (51 und 53 sc. th. der Curven 4 und 9) durch die Vergrösserung der interpolaren Zn-Glycerinsäule, aber die mehr steile und spitzige Welle durch die Zunahme der Zahl der galvanischen Elemente hervorgebracht wurden.

Aus den beiden Figuren ist ersichtlich, dass im Allgemeinen die Stromstärke nicht genau proportional der Zeit sich ändert, so dass das Kymorheonom keine ortho-rheonomische Schwankungswelle erzeugt. Es lässt sich aber solch eine Combination von Componenten (Zn-Glycerin, die Batteriestärke, Schwingungsamplitude, die Grösse der *EA* und *E'A'*) wählen, welche die kymorheonomische Schwankungswelle mehr als sonst der gradlinigen nähert.

Lässt man nun die obere Elektrode mit geringerer Amplitude und bei genügender interpolarer Zn-Glycerinsäule schwingen, so dass nur ein kleinerer Theil dieser Säule in den Schwingungsverlauf aufgenommen wird, so bekommt man flache und niedrige Schwankungswellen, indem die mittlere Stromstärke von beliebigem Werthe sei kann. Der galvanische Wellenstrom von diesem Typus und von keiner grossen Stromintensität lässt sich als ein wirksamer und wahrlich als ein „milderer“ Reiz anwenden. Vermindert man nun die Schwingungsamplitude allmählich bis zu Null, so nähert sich entsprechend der Wellenstrom dem constanten galvanischen Strom von mittlerer Intensität. Auf diese Weise angewendet bietet uns das Kymorheonom ein neues Mittel, um manche Frage, etwa den Schwellenwerth der Erregung verschiedener irretabeler Substanzen betreffend, ausführlicher als sonst zu untersuchen resp. ein neues Verfahren zur feinen Abstufung der Reizung mittelst eines genügend starken, aber nicht steil ablaufenden Stromes. Ein besonderes Interesse bietet die Einwirkung dieses minimalen Wellenstromes in der anelectrotonischen Strecke, wo eine wahre physiologische Interferenz des polarisirenden und erregenden Einflusses zu erwarten ist.

Wenn man schliesslich die Schwingungsdauer d. h. das Intervall des Wellenstromes ceteris paribus variabel nimmt (Zahl der Stromoscillationen), so wird dadurch nur die Steilheit der Schwankungswellen beeinflusst, was an sich in solchen Reizmodi

für die erregenden Einwirkungen überhaupt eine sehr grosse Bedeutung hat. Je steiler bekanntlich die Schwankungswelle verläuft, desto stärkere Erregung ruft sie hervor.

Was nun den Gebrauch des Kymorheonoms betrifft, so kann man es im Hauptkreis (mit Nerven) oder als Nebenschluss einschalten. In letzterem Falle braucht man selbstverständlich die relativ gutleitenden Zn-Glycerinmischungen, ja selbst bloss die concentrirte wässerige Lösung von Zinksulphat, ohne Zusatz von Glycerin eventuell mit Einschaltung eines entsprechend grossen Widerstandes in den Hauptkreis.

Auf diese Weise angewendet bietet uns das Kymorheonom das einfache Mittel, um einen wellenförmig oscillirenden galvanischen Strom (galvanischen Wellenstrom) mit constanter Richtung und variabler Zahl, Amplitude und Form der Schwankungswelle bei beliebiger mittlerer Stromstärke zu erhalten. Man kann weiter mit-

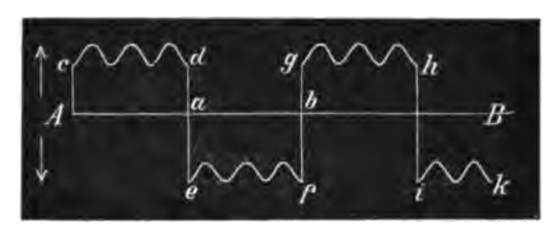


Fig. 6.

telst der allmählichen Aus- resp. Einschaltung eines passenden Widerstandes diesen Wellenstrom als zunehmend oder abnehmend cetris paribus (ohne jegliche Aenderung der Oscillationen) verlaufen lassen oder aber ohne die mittlere Stromstärke zu ändern, als parallel der Abscisse.

Will man schliesslich die dauernden electrotonischen Einwirkungen vermeiden, so kann man mittelst eines passenden Commutators oder Alternators die Richtung des Wellenstromes periodisch umändern, was dem letzteren eine Form, z. B. wie in der Fig. 6, ertheilt.

Da jede Schwankungswelle aus 2 Phasen positiver und negativer (Zu- und Abnahme der Stromintensität) besteht, welchen verschiedene erregende Eigenschaften zukommen, so war es nothwendig, für die Erläuterung der kymorheonomischen Reizwirkungen

jede Phase an sich, als „Zeitreiz" in dieser Hinsicht zu untersuchen. Im Anschluss an das Kymorheonom habe ich ein Monorheonom (auch mit Zn-Glycerin) construirt, welches nur einmalige — positive oder negative — Stromesschwankung bewerkstelligt. Die anfängliche Stromstärke, die Amplitude und die Dauer der Schwingung der oberen Elektrode sind in ziemlich weiten Grenzen variabel[1]). Bei der Construction der beiden Apparate war dafür gesorgt, dass die Bewegung der oberen Elektrode möglichst gleichmässig vor sich gehe, um die störenden Stösse zu vermeiden. Allerdings bei so grossem Widerstande der Rheonomflüssigkeit und bei genügender Länge der interpolaren Zn-Glycerinsäule war der letztere Umstand kein so gefährlicher, als sonst z. B. bei metallischem Rheonomen als Nebenschluss.

Mit Hülfe des Monorheonoms habe ich mit meinem Assistenten Herrn Dr. J. Tschuewsky eine Reihe von Versuchen an motorischen Froschnerven ausgeführt[2]), welche unter anderem folgendes ergeben hat: beiden Phasen kommen reizende Eigenschaften zu; die positive Phase wirkt hauptsächlich bei schwachen Strömen und absteigender Richtung, die negative umgekehrt; die erste erregt an der Kathode, die negative an der Anode. Also lässt sich die positive einmalige Stromesschwankung als eine Art der cathelectrotonischen Reizung, die negative Phase als eine anelectrotonische betrachten (Ausführlicheres darüber am anderen Orte). Diese sichergestellten Angaben zeigen sich als unerlässlich, um die kymorheonomischen summirten Reizwirkungen zu erläutern, welche überhaupt für die Untersuchung der Summationsvorgänge so geeignet sind. Es lässt sich behaupten, dass unter gewissen Umständen die reizende Wirkung eines galvanischen Wellenstromes als electropolar zu betrachten ist, indem jede Phase nur an einer Electrode zur Wirkung kommt. Auf diese Weise bekommen wir in gewissem

---

1) Ein derartiger Apparat von Prof. F. Mareš ist ganz anders construirt; er beruht auf magneto-electrischer Induction und gestattet eine genaue Abmessung der Electricitätsquantität, Potentialdifferenz und Dauer der Variation (Berichte der Böhmischen Akademie der Wissensch. 1893). Ueber die Rheonome von J. von Kries s. die Beschreibung in der Abhandlung von R. Metzner (Archiv von du Bois-Reymond.) Supplement 1893. S. 84.

2) J. Tschuewsky, „Ueber die Reizung der motorischen Nerven mittelst der galvanischen Stromesschwankungen." 1892. Diss. (russisch).

Tempo eine Reihefolge von Reizungen hinter einander bald an der Anode, bald an der Kathode u. s. w., bei einer und derselben Richtung des Stromes und ohne Unterbrechung.

Kymorheonomische Inductionsströme (Kymo-inductorium[1]).

Schaltet man das Kymorheonom in den primären Kreis eines Schlitteninductoriums statt des oscillirenden Hammers ein, indem man die gutleitende Zn-Flüssigkeit benutzt, so entstehen eigenthümliche inducirte Ströme, welche verursacht werden durch den ununterbrochenen, in primärem Kreise rhythmisch oscillirenden galvanischen Strom. In physikalischer und physiologischer Beziehung zeigt sich diese Induction als eigenartig bedeutend abweichend von den gewöhnlichen Strömen eines Inductoriums, mit dem schwingenden Hammer von Neef versehen. Die Enstehungsart der kymoinducirten Ströme verleiht ihnen einen eigenthümlichen Charakter, hauptsächlich durch ihre geringere Steilheit veranlasst. Dieser Unterschied lässt sich sehr prägnant mit Hülfe des Telephons wahrnehmen; man merkt ihn auch bei vergleichenden Reizversuchen an Froschnerven. Die kymoinducirten Ströme gehören im Vergleich zu den gewöhnlichen entschieden zu den „milderen" Reizen, welche bei submaximaler Intensität so leicht die Summation der Erregungen mit einer eventuell auffallend langdauernden Periode der „latenten Reizung" (l. c.).

Die Intensität der kymoinducirten Ströme lässt sich abändern in gewöhnlicher Weise, indem man den Abstand der beiden Spiralen oder die Stromstärke im primären Kreise entsprechend variirt

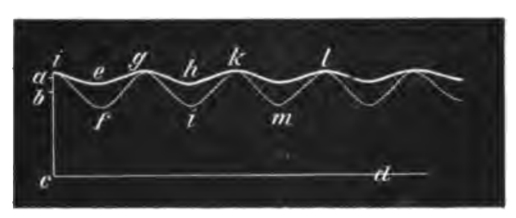


Fig. 7.

Die Intermittenzzahl nimmt mit der Abnahme der Schwingungsdauer der oberen Electrode im Kymorheonom zu; selbstverständlich muss man bei schnellem Tempo die Schwingungsamplitude

1) S. darüber meine Mittheilung im Centralbl. f. Physiol. 1889. S. 198.

der Elektrode genügend verkleinern, um damit die mechanischen Widerstände möglichst zu verringern. Nun kommt aber noch ein dritter variabler Factor, welchen wir im Schlitteninductorium in gewissem Sinne nur als constant gewöhnlich finden — die Tiefe der Schwankungswelle des primären Stromes (resp. die Schwingungsamplitude der oberen Elektrode). Vergrössert man ceteris paribus diese Amplidute zur Seite des Minimum der Stromsträrke, indem das Maximum der letzteren (E'A' der Zn-Glycerinsäule) constant bleibt (Fig. 7 *fgikm*[1]) statt *eghkl*), so merkt man sofort, dass die Reizwirkungen der kymoinducirten Ströme dadurch bedeutend verstärkt werden. Die geringere Schwingungsamplitude und ceteris paribus sehr raschen Stromoscillationen bringen viel schwächeren Reizeffect als grosse Amplitude neben geringerer Zahl der Stromesschwankungen. Nimmt man eine grosse Frequenz der Oscillationen, geringe Schwingungsamplitude und selbst sehr grosse Intensität der kymoinducirten Ströme, indem die secundäre Spirale auf die primäre ganz aufgeschoben wird, so bekommt man doch geringere Reizeffecte, als in anderem Falle, wo man bei viel geringerer Stromintensität und verkleinerter Oscillationsfrequenz die Schwingungsamplitude genügend vergrössert (l. c. 202). Hiermit wird wieder ein Beweis erbracht, dass unter gewissen Umständen die Nervenerregung sich im umgekehrten Sinne als die Intensität des reizenden electrischen Stromes verändert.

Auf diese Weise ergiebt es sich, dass die kymoinducirten Ströme eine mehr complicirte und hiermit eine feinere Abstufung des electrischen Reizes gestatten, als es mit Hülfe des gewöhnlichen Inductoriums zu erreichen war, wo man zu demselben Zwecke nur die Variation der Stromstärke und theilweise die der Frequenz benutzte. Besonders wichtig erscheinen diese Eigenschaften des Kymoinductoriums bei Versuchen an curarisirten und glatten Muskeln und überhaupt an irritabelen Substanzen niederer Thiere.

---

1) Aus der Figur ist es ersichtlich, dass die mittlere Stromstärke (*ac*) im zweiten Falle vermindert wird (*bc*).

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Das Kymorheonom (schematisch, ohne Uhrwerk). *A* — Excentrique, *B* — Zählerscheibe, *e*, *e*, *e* — die obere bewegliche Electrode; *a*, *b*, *c* — Contactspitzen und Quecksilberkuppe (*d*) für die electromagnetische Registrirung der Drehungsphasen von Exentrique; *i* — Glasröhrchen mit Zn - Glycerin; *l*, *m* — Ansatzröhrchen für Flüssigkeitsströmen; *g* — untere fixirte Electrode; *k* — eine Schraube mit Maassstab, welche das Röhrchen *i* mit *g* gegen obere Electrode verstellbar machen lässt.

Fig. 2. Anordnung des Kreises s. im Text.

Fig. 3 und 4. Die Schwankungscurven des galvanischen Wellenstromes (je nur eine Welle); die Zahlen in Klammern zeigen die Stromstärke in Scala-Theilen des Microgalvanometers; *abc* und *a'b'c'* — Sinusoïde (Schwingungscurve der oberen Electrode); *gh* und *g'h'* — Schwingungsamplitude; *def* — feste Lage der unteren Electrode, zugleich als Abscisse (in Fig. 3 weggelassen). — S. ausführliche Beschreibung im Text.

Fig. 5. Verschiedene Formen von Wellenströmen; in *A*, *C* und *D* sind die Abscissen weggelassen.

A : *abcde* — mittlere Stromstärke; die Abbildung stellt Wellenstrom mit variabler Tiefe der Welle dar, *anb* — bei kleinerer Schwingungsamplitude, *amb* — bei mittlerer, *afb* — bei grösserer.

B.: Curve eines Wellenstromes *afgh*.; *bd* — mittlere Stromstärke, *ek* — Abscisse; *ac* — absolute Tiefe der Welle, $\frac{ac}{ae}$ — die relative.

C. und *D*.: unsymmetrische Schwankungswellen mit verschiedenem Ablaufe der beiden Phasen, *ab* — positive, *bc* — negative. — Der Wellenstrom *C* erregt hauptsächlich resp. nur an der Cathode *D* nur an der Anode.

Fig. 6. Graphische Darstellung eines galvan. Wellenstromes, welcher ceteris paribus periodisch seine Richtung wechselt (*cd*, *gh* — aufsteigend; *ef*, *ik* — absteigend); *Ab* — Nulllinie der Stromstärke, zugleich Zeitabscisse.

Fig. 7. 2 Typen des galvan. Wellenstromes: *eghkl* — die Wellen mit kleinerer Tiefe; *ifgikm* — mit grösserer Amplitude; die mittlere Stromstärke bei ersterer (*ac*) ist grösser als die der zweiten (*bc*); das Maximum der Stromintensität resp. *E'A'* bleibt constant.

Ueber die blutbildende Eigenschaft der Milz und des Knochenmarks.

Von

Prof. **B. Danilewsky**
(Charkow).

Nach Versuchen von **M. Selensky**.

Bekanntlich haben die Untersuchungsmethoden des Blutes in neuerer Zeit grosse Fortschritte gemacht, so dass seine physiologische Analyse viel genauer als sonst ausführbar sich erweist. Die Bestimmung des Hämoglobins mittelst spectro-photometrischer Methoden (Glan, Hüfner u. A.), so wie auch der Zahl der Blutkörperchen besonders mittelst photographischer Aufnahme (Photohämocytometrie von Dr. S. Alferow)[1]) lassen uns diese wichtigen Bestandtheile des Blutes in ihren quantitativen Variationen an ganz geringen Proben sehr bequem und genau verfolgen, ohne den Versuchsobjecten irgend einen Schaden damit anzuthun. In Folge dessen liess ich einige meiner Schüler eine ziemlich grosse Reihe von Untersuchungen in meinem Laboratorium anstellen und zwar über die Wirkung von der Zusammensetzung der Nahrung, der Muskelarbeit u. s. w. auf die Quantität des Hämoglobins und der rothen Blutkörperchen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind schon theilweise in russischer Sprache veröffentlicht. Ich werde darüber später auch in diesem Archiv berichten.

Diese erste Mittheilung bezieht sich auf die interessanten numerischen Resultate, welche von meinem Schüler Dr. M. Selensky schon vor Jahren theilweise gemeinschaftlich mit mir erhalten wurden[2]). Die Bestimmung des Hämoglobins geschah mittelst des Spectrophotometers von Hüfner, die der Zahl der

---

1) Ueber die Methoden der Blutkörperchen-Zählung 1889 (russisch) (aus dem physiologischen Laboratorium in Charkow).

2) In russischer Sprache schon 1891 publicirt (s. Sammlung physiologischer Beiträge, herausgegeben von Alex. und B. Danilewsky, Bd. II).

rothen Blutkörperchen mit Hülfe der Alferow'schen Methode (jedesmal 1000—1500 Blutkörperchen gezählt), welche die „subjectiven" Fehler des Zählens vollkommen zu beseitigen gestattet.

1. Ueber die Wirkung des Milzinfuses.

Es ist schon längst die Ansicht ausgesprochen, dass in der Regeneration des Blutes der Milz eine wichtige Bedeutung zuerkennen ist. Gleichzeitig mit der Hematolysis gehen in dieser „Blutdrüse" auch hämatopoëtische Processe vor sich. Bekanntlich haben die Versuche von Mosler, Malassez, Zesas, Winogradoff[1]), Tauber, Lockhart Gibson, Kurloff[2]) u. A. fast einstimmig ergeben, dass die Entfernung der Milz schliesslich eine eventuell bedeutende Verarmung des Blutes an Hämoglobin und Erythrocyten hervorbringt, welche mit der Zeit in Folge der verstärkten Hämatopoësis in anderen Organen (Knochenmark) allmählich schwinden kann. Diese Ergebnisse bestätigen vollkommen die schon längst ausgesprochene Ansicht über die direkte active Betheiligung der Milz an hämatopoëtischen Processen, welche früher fast ausschliesslich nur auf microscopische Befunde gegründet worden war (Rindfleisch, O. Funke, Bizzozero und Salvioli u. A. contra — Neumann, Pouchet). Die hämocytometrische und chromometrische Untersuchungen des arteriellen Blutes und aus der Vena lienalis haben die blutbildende Eigenschaft der Milz wieder bestätigt (Malassez und Picard, Bizzozero und Salvioli, Grigorescu, v. Middendorff u. A.). In letzterer Zeit ist eine ausführliche Arbeit von J. Laudendach (unter Prof. S. Tschiriew) über die hämatopoëtischen Eigenschaften der Milz erschienen[3]). In erster Versuchsreihe hat es sich herausgestellt, dass bei splenectomirten Hunden mehr oder weniger bedeutende Abnahme des Hämoglobins, der Zahl der Erytrocyten und des trockenen Rückstandes im Blute stattfindet, aber erst nach Verlauf von mehreren Tagen (Maximum der Abnahme stellt sich nach 70—80 Tagen und noch mehr ein). Die Untersuchung des Knochenmarks zeigt eine deutlich compensato-

1) Ueber die Bedeutung der Milz im Organismus. „Wratsch" 1883 (russisch).

2) ibidem 1889 und 1892.

3) Die blutbildende Thätigkeit der Milz. 1894 (russisch).

rische Verstärkung seiner hämatoregeneratorischen Thätigkeit, aber trotzdem war die Blutregeneration ungenügend und in einem Falle ja selbst in solchem Grade, dass das Thier unter Abnahme des Hämoglobins und der Erytrocyten bis auf $^1/_4$—$^1/_5$ des normalen Gehalts starb. — In weiteren Versuchen verglich J. Laudendach die Zeit der Blutregeneration bei normalen und splenectomirten Hunden, welchen er ziemlich bedeutende Blutenziehungen machte. Einige Versuche haben eine deutliche Verspätung der Wiederherstellung des normalen Gehalts an Hämoglobin und Erythrocyten nach Entfernung der Milz ergeben. Solch' eine nicht compensirte Störung der Blutzusammensetzung kann zu einer tödtlichen Anämie führen. Auf Grund aller erwähnten Untersuchungen soll die hämatopoëtische Eigenschaft der Milz bei höheren Thieren als sichergestellt betrachtet werden.

Es ist also zu behaupten, dass in der Milz ein Vorrath an Material sein soll, welches für diese physiologischen Vorgänge gebraucht wird. Um dies darin nachzuweisen, haben wir den Milzinfus dem Versuchsthiere subcutan oder in die Bauchhöhle eingeführt und die darauffolgenden Blutveränderungen (der Menge des Hämoglobins und der rothen Blutkörperchen) bestimmt. Dies einfache Verfahren liess uns unter gewissen Cautelen eine directe Antwort auf die Frage erzielen, indem wir irgend eine stimulirende Nebenwirkung des Infuses auf die Hämatopoësis als ausgeschlossen betrachten dürfen. Als Beispiel mögen folgende 8 Versuche dienen.

Versuch 1. Kaninchen von 930 gr Gewicht; die Blutproben wurden aus Ohrgefässen stets genommen; Hb. — Quantität des Hämoglobins in %, Z. — Zahl der Erythrocyten.

	Z.	Hb.
22. III.	5 815 000	13,1
23. III.	5 805 000	13,7

An diesem Tage wurde das warme (39° C.) Milzinfus 10 ccm in Cavum peritonei injicirt. Diese Flüssigkeit war in folgender Weise bereitet: Das frisch ausgeschnittene Organ (des Hundes) wurde möglichst von Blut befreit, dann fein zerschnitten, mit NaCl-Lösung (0,6 %) zerrieben und durch Leinwand filtrirt.

	Z.	Hb.
24. III.	6 040 000	13
26. III.	6 385 000	13,4
27. III.	6 390 000	13,2

		Z.	Hb.
28.	III.	6 345 000	13
30.	III.	6 320 000	12,9
3.	IV.	6 350 000	13,6
4.	IV.	—	13,8
12.	IV.	6 355 000	14,4

Man sieht aus diesen Zahlen, dass die Vergrösserung der Menge der Erythrocyten viel schneller als die des Hämoglobins vor sich geht, was mit den bekannten Ergebnissen von J. Marshal, J. Otto, J. Laudendach u. A. über die Regeneration dieser Blutbestandtheile nach der acuten Anämie vollkommen übereinstimmt. Die Zunahme von Z. betrug 600000 (ca. 10,5 %), die des Hb. — ca. 1,0 (7,4 %).

Im August wurde der Versuch mit Milzinfus-Injection an demselben Kaninchen wiederholt und dieselben Ergebnisse erhalten: in 7 Tagen nach der Injection stieg die Menge der rothen Blutkörperchen von 5120000 auf 5885000, die des Hb. von 15,7 % auf 19,4 % (!) und doch war es kein Maximum, weil die Steigerung dieser beiden Zahlen in den nächsten Tagen noch weiter ging.

Versuch 2. Hund von 15 Kilo Gewicht wurde einige Tagen vor Injection und später nur mit Reis gefüttert, was — wie wir aus anderen unserer Versuche wissen — die Erythrocytenmenge ziemlich stark herabsetzt.

		Z.	Hb.
8.	VIII.	3 980 000	13,5
10.	VIII.	3 985 000	13,8

An diesen Tagen wurde dann in Cavum peritonei 20 ccm des warmen frisch bereiteten Milzinfus injicirt (für die ganze Milz des Hundes war 150 ccm der NaCl-Lösung genommen).

		Z.	Hb.
11.	VIII.	4 265 000	15,2 (!)
12.	VIII.	4 275 000	15,6
14.	VIII.	4 610 000	15,5
16.	VIII.	4 690 000	—
21.	VIII.	4 620 000	—

Es ergiebt sich also eine Zunahme von Z. — 700000 (17 %) und von Hb. — 3,6 (26 %). Dieses Resultat ist um so mehr bemerkenswerth, als die „blutbildende“ Eigenschaft des Milzinfuses in diesem Falle trotz der Verarmung an Z. und Hb. in Folge der eiweissarmen Nahrung doch sehr prägnant zum Vorschein kam. Schon nach Verlauf der ersten 24 Stunden nach der Injection trat

diese hämatopoëtische Wirkung in beiden Versuchen ganz deutlich hervor.

Nachdem dieses positive Ergebniss sichergestellt war, liess ich das Milzinfus vor der Injection bis zum Sieden erhitzen, um die suspendirten morphologischen Elemente (sehr wenige!) und die etwaigen Fermentsubstanzen zu zerstören. Das Kochen dauerte ca. 8—10 Minuten; die anfänglich röthliche Flüssigkeit war etwas bräunlich geworden; das Filtriren durch Leinwand befreite sie vom bräunlichen flockigen Niederschlage.

Versuch 3. Hund, während des ganzen Versuchs dieselbe eiweissarme Nahrung (Reis).

	Z.	Hb.
6. VIII.	4 790 000	—
7. VIII.	4 720 000	17,6
8. VIII.	4 500 000	15,9
10. VIII.	3 935 000	13,3

Also tritt die Verarmung des Blutes an Z. und Hb. sehr deutlich hervor, was, wie gesagt, absichtlich durch die oben erwähnte Nahrung hervorgerufen worden war. Aus anderen analogen Beobachtungen wussten wir schon, dass diese Verarmung unter gewissen Umständen eigentlich noch viel weiter fortschreiten soll. Am 10. VIII. wurden 15 ccm gekochten und bis 40° abgekühlten Milzinfuses in Cavum peritonei injicirt.

	Z.	Hb.
11. VIII.	4 600 000	17,2
12. VIII.	5 010 000	17,4
14. VIII.	5 020 000	17,0
16. VIII.	4 960 000	17,9
17. VIII.	4 855 000	18,1

Die maximale Zunahme des Z. betrug 1 085 000 (27,6%), die des Hb. — 4,8 (36%). Es wirkt also der gekochte Milzinfus wenigstens ebenso „blutbildend“ wie der ungekochte.

Versuch 4. Hund, gemischte (eiweissarme) Nahrung ein paar Tage vor der Versuchszeit beginnend.

	Z.	Hb.
24. VIII.	3 835 000	12,1
25. VIII.	3 740 000	12,6
28. VIII.	3 410 000	12,0
31. VIII.	3 310 000	11,5

An diesem Tage wurden 12 ccm des gekochten Milzinfuses injicirt.

1.	IX.	4 555 000	14,9
5.	IX.	4 665 000	15,6

Die maximale Zunahme des Z. — 1 355 000 (40,8 %), die des Hb. — 4,1 (35,6 %). Man muss hier zufügen, dass während dieser Zeit keine Nebenwirkungen, etwa Poliurie oder Diarrhoea, bemerkbar waren.

Versuch 5. Hund; bis 24. VIII. — gemischte eiweissarme Nahrung, vom 24. VIII. und weiter nur mit Reis gefüttert.

		Z.	Hb.
24.	VIII.	3 950 000	15,7
25.	VIII.	3 785 000	15,5
28.	VIII.	3 725 000	—
31.	VIII.	3 690 000	13,5

An diesem Tage wurden 20 ccm des gekochten Milzinfuses injicirt, welche auch mit Hülfe der NaCl-Lösung dargestellt war.

2.	IX.	5 040 000	17,5
4.	IX.	5 280 000	18,5
7.	IX.	5 350 000	18,5
9.	IX.	5 470 000	18,9

Die maximale Zunahme des Z. betrug 1 780 000 (48,2 %) und die des Hb. — 5,4 (40 %). Diese Steigerung der Menge des Hämoglobins und der rothen Blutkörperchen war wohl eigentlich noch keine möglichst maximale, leider aber wurde die weitere Beobachtung von M. Selensky abgebrochen.

Versuch 6. In dieser Beobachtung (an Kaninchen) wurde für die Bereitung des Infuses statt der NaCl-Lösung destillirtes Wasser genommen.

		Z.
29.	IX.	5 575 000
30.	IX.	5 485 000

An diesem Tage geschah Injection von 15 ccm des gekochten Milzinfuses.

2.	IX.	5 995 000
4.	IX.	6 085 000
7.	IX.	6 153 000

Die maximale Zunahme beträgt — 660 000 (12 %).

Versuch 7[1]). Hund, eiweissarme Nahrung; allmähliche Abnahme des Gewichts des Thieres von 8450 gr (26. XI.) bis 7850 gr (19. XII.).

1) In diesem so wie in weiteren Versuchen wurden die spectrophotometrischen Bestimmungen des Hb. (von M. Selensky allein ausgeführt) sicher zu hoch ausgefallen; doch führe ich sie hier an, um ihre relativen Schwankungen zu zeigen.

	Z.	Hb.	Wassergehalt des Blutes.
26. XI.	4 847 000	18,5 %	—
27. XI.	—	19,6 %	81,4 %
28. XI.	4 904 000	18,5	—
29. XI.	5 276 000 (!)	—	—
8. XII.	4 856 000	19,9	—
10. XII.	4 995 000	21,4	81,6 %

An diesem Tage wurde Injection eines Milzinfuses, welcher vorher stark gekocht war, in die Bauchhöhle gemacht.

	Z.	Hb.	Wassergehalt des Blutes.
11. XII.	5 209 000	22,4	—
12. XII.	6 116 000	22,6	—
14. XII.	6 200 000	22,8	—
15. XII.	6 390 000	22,4	80,9
19. XII.	5 923 000	20,8	—

Die Zunahme von Z. beträgt — 1 434 000 (29 %), die des Hb. — 2,8 resp. 4,3 (24 %).

Versuch 8. Hund, eiweissarme Nahrung; Körpergewicht am 26. XI. — 7650 gr; 10. XII. — 7350 und 19. XII. — 7350.

	Z.	Wassergehalt des Blutes.
26. XI.	5 260 000	—
27. XI.	5 376 000	79,8 %
28. XI.	5 411 000	—
30. XI.	5 670 000	—
7. XII.	5 456 000	—
9. XII.	5 752 000	—
10. XII.	5 316 000	80,0 %

An diesem Tage wurde circa 20 ccm des vorher gekochten Milzinfuses in die Bauchhöhle injicirt.

	Z.	Wassergehalt des Blutes.
11. XII.	6 176 000	—
12. XII.	6 435 000	—
14. XII.	6 261 000	—
15. XII.	—	77,5
16. XII.	6 452 000	—
19. XII.	6 722 000	—

In diesem Versuche beträgt die Zunahme ca. 1400000 (27 %), gleichzeitig mit einer relativ geringen Verdickung des Blutes.

So weit reicht unser factisches Material. Obgleich in dieser Versuchsreihe reine systematische Bestimmung des Wassergehaltes so wie auch des specif. Gewichtes des Blutes ausgeführt war, darf man doch wohl behaupten, dass die Injection des Milzinfuses eine eventuell grosse Steigerung des Gehaltes an Hämoglobin und rothen Blutkörperchen im Blute hervorzurufen im Stande ist. Irgend eine erwähnenswerthe Nebenwirkung, etwa eine Störung von Seite des Verdauungskanals oder der Nierenthätigkeit, war in keinem Falle beobachtet, so dass eine daraus folgende absolute Abnahme des Plasma als ausgeschlossen betrachtet werden darf. Es handelt sich in diesen Fällen wahrscheinlich um eine vermehrte Neubildung der Erythrocyten. Es lässt sich also vermuthen, dass das Milzinfus specifische Stoffe (keine Fermente!) enthält, welche die „Blutbildung" direkt stark anregen oder in diesem Processe selbst als „Blut-Generatoren" theilnehmen. Was ihre chemischen Eigenschaften betrifft, so lassen unsere Ergebnisse sie — so zu sagen — nur negativ charakterisiren: wir wissen, dass sie durch Siede-Temperatur nicht zerstört und nicht gefällt werden. Die weitere Untersuchung dieser Stoffe resp. ihre Isolirung aus dem Milzinfuse so wie auch die Wirkung des Milzinfuses auf die splenectomirten Thiere und auf die Regeneration des Blutes nach acuter Anämie wurde leider durch den vorzeitigen Tod des Herrn M. Selensky verhindert. Eine ergänzende Untersuchung in dieser Richtung ist schon in meinem Laboratorium in Angriff genommen. Ich kann hier nur vorläufig hinzufügen, dass man nach unseren Versuchen dem Lecithin höchst wahrscheinlich eine hervorragende Rolle in den hämatopoëtischen Processen — namentlich in Bezug auf die Neubildung der Erythrocyten — zuschreiben soll. Es ist schon die Ansicht ausgesprochen worden, dass diese Substanz ein unentbehrlicher Bestandtheil des Protoplasma und hiermit als ein wichtiges Nahrungsmittel sich darstellt (Alex. Danilewsky). In unseren Versuchen, von welchen an anderem Orte ausführlicher berichtet wird, hat es sich herausgestellt, dass bei Hunden die subcutane Einverleibung des Lecithins (0,5 — 0,6 gr) eine bedeutende Zunahme der Erythrocyten (auf 600 — 800000 und noch mehr) und eine relativ geringere Vergrösserung des Hb.-Gehalts im Blute hervorruft. Diese Zunahme tritt schon in den nächsten Tagen nach der Injection deutlich hervor. Selbstverständlich bleibt es eine noch ganz offene

Frage — welche chemischen Bestandtheile des Milzinfuses ausser dem Lecithin auch „blutbildende“ Eigenschaften besitzen. Es lässt sich vermuthen, dass in dieser Beziehung die P- und Fe-haltigen Eiweisskörper oder ihre nächsten Abkömmlinge am meisten Interesse darbieten.

Eine andere und zwar „physikalische“ Ursache der oben beschriebenen Steigerung von Z. und Hb. kann man wohl auch in veränderter quantitativer Vertheilung der intravascularen und extravascularen Plasmamenge suchen. Da ich aber keine diesbezügliche Versuche über die Lymphbildung unter der Wirkung des Milzinfuses angestellt hatte, so bleibt diese Frage noch offen. Die genauere Analyse der beschriebenen Versuchsergebnisse kann erst auf weiteren Untersuchungen gegründet werden. Es ist wohl denkbar, dass beide Ursachen hierin zusammenwirken.

2. Ueber die Wirkung des Infuses vom Knochenmark.

Bekanntlich wurde mehrfach die Ansicht ausgesprochen, dass ausser der Milz auch das Knochenmark eine hämatopoëtische Eigenschaft bei höheren Thieren besitzt. Diese Ansicht wird fast ausschliesslich nur durch die microscopischen Thatsachen begründet. Es war also wünschenswerth, diese Frage in einer anderen Richtung zu prüfen und so liess ich Herrn M. Selensky Versuche mit dem Infuse auch aus Knochenmark analog den oben beschriebenen anstellen.

Die Versuchsthiere (Hunde mittlerer Grösse, 6—9 Kilo Gewicht) wurden eine längere Zeit vor der Infusinjection und während der ganzen Beobachtungszeit mit Reis gefüttert, um eine gleichmässige Abnahme des Hämoglobins und der rothen Körperchen im Blute zu erzielen. Das Infus wurde in gewöhnlicher Weise bereitet, indem das Knochenmark (aus Tibia oder Femur eines eben geschlachteten jungen Kalbes) mit Wasser resp. mit NaCl-Lösung (0,6 %) bei gewöhnlicher Temperatur zerrieben und dann durch Leinwand filtrirt wurde. Vor der Injection wurde Infus jedesmal bis 40° C erwärmt, was einen lockeren Niederschlag eventuell verursacht. Mehrfach haben wir beobachtet, dass die anfänglich schwach röthlich gefärbte Flüssigkeit mit der Zeit während des Zerreibens und des starken Aufschüttelns mit der Luft sich stärker röthete.

Versuch 1. Hund, ausschliessliche Reis-Nahrung.

	Z.	Hb.	Wassergehalt im Blute.
15. X.	4 427 000	—	—
16. X.	4 340 000	18 %	81,4 %

An demselben Tage wurde dann 20 ccm Knochenmarkinfusum (38° C.) in die Bauchhöhle injicirt.

	Z.	Hb.	Wassergehalt im Blute.
17. X.	4 890 000	19,7	—
18. X.	5 087 000	20,3	—
20. X.	5 333 000	21,0	—
21. X.	5 287 000	20,4	84,9 % (?)
22. X.	5 150 000	20,2	—

Die maximale Zunahme der Zahl der rothen Blutkörperchen beträgt rund 1 000 000 (23 %) und die des Hb. 3 (17 %). Um die wahre Deutung dieser Zunahme anzuerkennen, muss man noch berücksichtigen, dass in Folge der eiweissarmen Nahrung beide Grössen Z. und Hb. in stetiger Abnahme sich befanden. Man könnte also wohl erwarten, dass ohne Infusinjection die Mengen des Hämoglobins und besonders der Erythrocyten an Tagen 17 bis 22. X. noch kleiner als am 16. X. sein würden.

Versuch 2. Hund, dieselbe eiweissarme Nahrung

	Z.	Hb.
15. X.	4 007 000	—
16. X.	4 030 000	18,5 %

An diesem Tage wurden dann 20 ccm des warmen Knochenmarks-Infuses in die Bauchhöhle injicirt.

	Z.	Hb.
18. X.	4 862 000	20,7 %
19. X.	5 185 000	20,8
20. X.	5 014 000	19,6
21. X.	4 680 000	18,4

Die maximale Zunahme des Z. — 1 150 000 (28,5 %) und die des Hb. — 2,3 (12,5 %).

Aus diesem Zahlenergebnisse sieht man gleich, dass auch das Knochenmark eine starke hämatogenetische Einwirkung ausübt, welche ziemlich schnell sich ausbildet und über 4—5 Tagen nach der Injection deutlich sich hält. An einem Versuchsthier habe ich gelegentlich mich überzeugt, dass selbst nach Verlauf von zwei Wochen nach der einmaligen Infusinjection die Menge der rothen Blutkörperchen sich noch vergrössert hielt.

Der stimulirende regeneratorische Einfluss der Organinfuse auf die „blutbildenden Vorgänge“ hängt selbstverständlich viel von der Individualität des Versuchsthieres, von seinem allgemeinen Ernährungszustand ab, so wie auch von der Zusammensetzung der Infuse. Um alle diese Umstände näher zu bestimmen, braucht man noch weitere systematische Untersuchungen.

Diese Eigenschaft kommt dem jungen rothen Knochenmark zu, was mit bekannten histologischen Ergebnissen im Einklange steht. Das von uns gebrauchte Infus war keine Aufschwemmung von morphologischen Elementen dieses Organes, so dass hier wie im Falle der Milzinfusinjection es sich um den Einfluss seiner chemischen Bestandtheile handelt. Was nun das gelbe Knochenmark von älteren Thieren betrifft, so kann man wohl von vorn herein erwarten, dass seine blutregeneratorische Einwirkung viel geringer, ja selbst als inactiv sich erweisen würde. Eine experimentelle Prüfung in dieser Richtung erweist sich doch als wünschenswerth.

Obgleich diese Versuche — wie oben schon erwähnt war — keine ausführliche systematische Untersuchung darstellen, darf man doch die angeführten Thatsachen wohl als sichergestellte betrachten. Ausser dem physiologischen Interesse bieten sie es unzweifelhaft auch in therapeutischer Beziehung, besonders die „blutbildende“ Eigenschaft des Lecithins. Es lässt sich schon von vornherein vermuthen, dass in gewissen Fällen der Anämie die Milz- resp. Knochenmarkinfuse [1]), sowie auch das Lecithin gute Dienste zu leisten im Stande sein werden. In der That berichtet Prof. Fraser (Edinburgh), dass er in einem Falle der perniciösen Anämie bei einem alten Manne durch die Verabreichung des Knochenmarks eine Steigerung des Hämoglobins und der Zahl der Erythrocyten im Blute ziemlich rasch erzielte (1893).

1) Es ist wohl möglich, dass ihre Einwirkungen noch kräftiger sich erweisen würden, wenn ihre Bereitung bei höheren Temp., etwa 40°, geschähe.

Ueber reciproke und irreciproke Reizleitung, mit besonderer Beziehung auf das Herz.

Von

Th. W. Engelmann
in Utrecht.

Die Annahme, derzufolge die Fortpflanzung der Bewegungsreize durch das Herz ausschliesslich durch Muskelleitung, nicht durch Vermittelung von Ganglien und Nervenfasern zu Stande kommt, hat bisher noch nicht von der Thatsache Rechenschaft gegeben, dass unter gewissen Umständen Reizleitung in der einen Richtung möglich, in der anderen sehr erschwert oder anscheinend ganz unmöglich ist. Wie frühere gelegentliche Beobachtungen (Ludwig, Bidder, Eckhard, Schiff, Gaskell u. a.) schon vermuthen liessen und von mir durch ausdrücklich daraufhin angestellte Versuchsreihen bewiesen wurde, schreitet unter normalen Bedingungen der die Systole auslösende Reizvorgang anscheinend ebenso sicher und ebenso schnell vom Ventrikel auf die Vorkammern fort als in umgekehrter Richtung. In späteren Stadien des Absterbens kommt es aber wie ich zeigte[1]) vor, dass nur in der einen oder nur in der anderen Richtung eine Erregungsmittheilung möglich, oder doch die Geschwindigkeit der Leitung in der einen Richtung sehr viel grösser als in der anderen ist. Und zwar ist die bevorzugte dann einmal die normale, dann wieder die entgegengesetzte. Aehnliches ist nach Einwirkung von Giften beobachtet worden.

Die alte Lehre, nach welcher die Uebertragung der Bewegungsreize von einer Herzabtheilung auf die andere durch Nervenganglienapparate bewirkt werden soll, könnte versuchen, der Schwierigkeit dadurch aus dem Wege zu gehen, dass sie zwei

1) Beobacht. u. Versuche am suspend. Herzen. Zweite Abhandl. Dies Archiv Bd. 56. 1894. p. 160. s. a. Das rhythm. Polyrheotom. Ebenda Bd. 52. 1892. p. 620. Fig. 8.

verschiedene solcher Apparate annähme: einen für die peristaltische und einen für die antiperistaltische Leitung. Diese beiden würden offenbar nicht nothwendig immer gleich gut zu functioniren brauchen. Je nachdem der eine oder der andere von beiden in seiner Thätigkeit früher oder stärker geschädigt würde, müsste die Leitung in der einen oder in der anderen Richtung erschwert, bezüglich aufgehoben sein.

Gegen diese Hilfsannahme eines besonderen, die antiperistaltische Leitung von Kammer und Vorkammer besorgenden anatomischen Apparats wären nun freilich sogleich die wichtigsten Bedenken zu erheben.

Ein Apparat, der im Leben niemals functionirt, und wenn er je functionirte, nur die bedenklichsten Störungen der Circulation herbeiführen würde, ist vom Standpunkte auch der berechtigten Teleologie etwas höchst Unwahrscheinliches. Man begreift nicht, wie ein solcher Apparat sich im Laufe der Phylogenese sollte haben erhalten können, oder was auch nur zu seiner Entstehung je Veranlassung sollte haben geben können. Wer aber Gründen dieser Art abgeneigt sein sollte, der sage denn doch, wie beispielsweise die hypothetischen Nervenfasern laufen, die bei einem durch Zickzackschnitte beliebig gespaltenen Froschventrikel den Reiz erfahrungsgemäss von der Kammerspitze nach den Vorkammern zu leiten vermögen? mit einer Geschwindigkeit, die meist tausendmal kleiner ist, als die Leitung in irgend welchen bekannten, auch in blassen terminalen Nervenfasern[1]) desselben Thieres? Mit dem — übrigens auch durch die neuesten Untersuchungen (Heymans u. a.)

---

1) Nach den sehr sorgfältigen und zahlreichen Versuchen, welche Dr. Boekelmann mit dem Pantokymographion anstellte, ist die Leitungsgeschwindigkeit in den blassen terminalen Nervenfibrillen der Froschcornea nicht nachweislich geringer als die der Nervenstämme, welche bisher allein gemessen worden ist. Vgl. W. A. Boekelman, Het pantokymographion en eenige daarmede verrichte physiologische proeven. Utr. Dissert. 1894. — Th. W. Engelmann, Proc. verb. d. k. Akad. v. wet. to Amsterd. Afd. Natuurk. Vergad. v. 24. Nov. 1894. p. 130 u. flg. Wenn der Herr Referent im Centralbl. f. Physiol. (vom 1. Juni d. J. p. 208) meint, dass in diesen Versuchen „Stromschleifen und Fortpflanzung von Erschütterung nicht ausgeschlossen gewesen zu sein" schienen, so hat er wohl übersehen, dass auf S. 41, 42 und 52 der Dissert. von B. ausdrücklich angegeben ist, auf welche Weise diese Fehlerquellen vermieden wurden.

noch keineswegs gelieferten — Nachweis, dass überall, auch im Ventrikel, Nervenfibrillen die Muskelbälkchen begleiten, sind doch wahrlich diese Thatsachen nicht entkräftet! Selbst dann nicht, wenn die peripherischen Nervenfibrillen echte Netze bilden sollten, in denen die Erregung an den Knotenpunkten von einer Fibrille auf die andere übergehen könnte, Voraussetzungen, die übrigens mit allen bisherigen guten anatomischen Beobachtungen und mit den physiologischen Thatsachen, welche überall einer bis zur Peripherie isolirten Leitung der Nervenfasern das Wort reden, in Streit sind.

Man wirft aber, und scheinbar mit Recht, ein, dass durch Muskelleitung das Vorkommen jener Irreciprocität der Leitung im Herzen, d. i. die Aufhebung der Leitung in einer Richtung, bei erhaltenem Leitungsvermögen in der entgegengesetzten, auch nicht erklärbar sei. Nach allen vorliegenden Erfahrungen pflanzt sich ja in Muskelfasern, wie in Nervenfasern, der Reiz immer ebenso sicher und ebenso schnell in der einen wie in der anderen Richtung fort, ist also, wenn überhaupt Fortpflanzung des Reizes möglich, die Leitung immer reciprok.

Auch mir schien hierin bisher eine ernstliche Schwierigkeit für die von mir vertretene Theorie der Peristaltik und Antiperistaltik des Herzens zu liegen. Näheres Ueberdenken führte inzwischen auf eine sehr einfache Lösung der Schwierigkeit, eine Lösung, welche zugleich, wie ich glaube, eine grosse Zahl bisher schwer oder gar nicht verständlicher Erscheinungen, die Leitung im Herzen und anderen Organen betreffend, begreiflich macht. Soviel ich sehe, beruht sie auf durchaus zuverlässigen Voraussetzungen und sie lässt sich ausserdem durch Versuche direct als richtig erweisen.

Eine unter allen Umständen reciproke Leitungsfähigkeit wird im Allgemeinen nur da erwartet werden dürfen, wo die reizleitende Substanz an allen Punkten der Bahn völlig gleiche Eigenschaften besitzt. Nur wenn Gestalt oder Anordnung der kleinsten reizbaren und reizleitenden Theilchen in Bezug auf den Querschnitt der Leitungsbahn asymmetrisch wären, würde auch in diesem Falle einsinniges Leitungsvermögen wenigstens denkbar sein. Sehen wir aber hiervon ab, so ist offenbar kein Grund vorhanden, weshalb die Leitung zwischen zwei gleichen benachbarten Theilchen a und b nicht ebensogut von b nach a wie von a nach b sollte stattfinden können.

Anders aber liegen die Dinge, wenn die beiden Theilchen nicht identisch sind, wenn sie im Besonderen in Bezug auf ihre Reizbarkeit und den in ihnen ablaufenden Erregungsvorgang sich verschieden verhalten. Bestehen in dieser Hinsicht Unterschiede, so ist es sehr wohl denkbar, ja im Allgemeinen sogar nothwendig, dass auch ein Unterschied bestehen muss in der Leichtigkeit, womit die Erregung sich in der einen und in der anderen Richtung mittheilt. Und nichts liegt der Folgerung im Wege, dass unter Umständen wohl a von b aus, aber nicht b von a aus wird erregt werden können.

Man braucht gar nicht an Unterschiede in der Qualität des Processes zu denken, der als Reiz von Molecül auf Molecül wirkt. Blosse Unterschiede in der Intensität, d. i. in der Grösse der in der kleinsten Raum- und Zeiteinheit entwickelten, als Reiz wirkenden Energie würden genügen. Es liegt nahe, hier vor Allem an Unterschiede im zeitlichen Verlauf des erregenden Vorgangs zu denken, schon deshalb, weil deren Einfluss sich bei künstlichen Reizen sehr handgreiflich nachweisen und messen lässt.

Wir wissen, dass alle reizbaren organischen Elemente nur dann merklich in Erregung gerathen, wenn die als Reiz wirkende Veränderung mit einer zwischen gewissen Grenzen liegenden Schnelligkeit erfolgt. Diese zeitlichen Grenzen sind für verschiedene reizbare Elemente erfahrungsgemäss absolut und relativ äusserst verschieden und ändern sich auch bei denselben Elementen mit den inneren Umständen (Blutstrom, Temperatur, Nerveneinfluss, Gifte u. s. w.). Es handelt sich hier um allbekannte Thatsachen.

Wie nun die Reizbarkeit verschiedenartiger Elemente für erregende künstliche Einwirkungen von verschiedenem zeitlichen Verlauf eine verschiedene ist, so ist auch unzweifelhaft der Verlauf des als Reiz bei der Leitung von Theilchen zu Theilchen wirkenden physiologischen Processes je nach der Natur der erregbaren und reizleitenden Substanz ein verschiedener. Alle unseren Sinnen überhaupt zugänglichen Symptome des physiologischen Erregungsvorgangs, elektrische wie (bei contractilen Substanzen) mechanische, zeigen entsprechende specifische Unterschiede, und auch beim nämlichen Element ändert sich der Verlauf der physiologischen Erregung mit den äusseren Bedingungen. Durch Kälte wird der Verlauf der elektrischen Actionsströme wie der Contraction

verzögert, durch Wärme beschleunigt u. s w. Es bedarf auch hier keiner weiteren Beispiele.

Ob ein Theilchen *b* von einem Nachbartheilchen *a* aus physiologisch erregt werden wird oder nicht, hängt also, so müssen wir schliessen, unter Anderem von dem zeitlichen Verlauf der als physiologischer Reiz wirkenden Veränderung in *a* und von den Grenzen der Steilheit dieser Veränderung ab, innerhalb welcher b für den physiologischen Reiz von a überhaupt empfänglich ist. Gesetzt nun, das Theilchen b wäre erregbar durch den von a ausgehenden Reiz, wenn dessen Steilheit beispielsweise zwischen den — hier willkürlich durch ganze Zahlen bezeichneten — Grenzen 1 und 3 liegt, a aber wäre nur erregbar für entsprechende Vorgänge innerhalb der Steilheitsgrenzen 2 und 4, so würde, wenn im gegebenen Falle dem physiologischen Erregungsvorgang in a die Steilheit 1, dem in b die Steilheit 2 zukäme, die Erregung sich zwar von b nach a, nicht aber von a nach b fortpflanzen können. Umgekehrt würde, unter obigen Voraussetzungen, wenn die Steilheit des physiologischen Reizvorganges in a gleich 2 oder 3, die in b aber 4 wäre, wohl eine Leitung der Erregung von a nach b, aber nicht von b nach a stattfinden können. Dagegen müsste doppelsinnige Leitung möglich sein, falls die Steilheit des Reizvorganges in a und b bezüglich 2 und 2, 2 und 3, 3 und 2, oder 3 und 3 wäre. Und weiter ist zu erwarten, dass die Leitungsgeschwindigkeit in der einen der in der anderen Richtung um so näher gleich sein wird, je weniger a und b in Bezug auf ihre Ansprucbsfähigkeit und den Verlauf des Reizungsvorganges von einander abweichen.

Im Herzen nun haben wir es bei der Leitung der motorischen Erregung von Vorkammer auf Kammer, bezüglich umgekehrt, mit einer Kette von wenigstens drei, morphologisch wie physiologisch verschiedenen Arten von Muskelzellen zu thun: erstens mit den Muskeln der Atrien, welche (beim Frosch) aus schlankeren, weniger verästelten Zellen bestehen und schneller zucken als die der Kammer; zweitens aus den sogenannten Blockfasern, welche die Verbindung zwischen Vorkammer und Kammermuskulatur bilden und von Gaskell und Stanley Kent (Warmblüter) in ihren, denen embryonaler Muskelzellen ähnlichen Eigenthümlichkeiten näher beschrieben sind; drittens die gewöhnlichen Kammermuskeln[1]). Ausser-

1) Durch Isolirung mittelst des Weismann'schen Verfahrens (Kalilauge

dem bestehen auch nachweisbare Unterschiede zwischen den Muskelzellen der Kammerspitze und Kammerbasis, wohl auch zwischen denen der rechten und linken Kammer, bezüglich Kammerhälfte, wie zwischen denen des rechten und linken Atrium. Diese Unterschiede können sich, soweit sie physiologischer Art sind, beim Absterben und unter dem Einfluss von Nervenreizung und von Giften, wie allbekannte Thatsachen lehren, stärker ausbilden.

Bei der normalen, peristaltischen Leitung der Erregung von A nach V geht der Reiz von den relativ rasch beweglichen A-Fasern auf die trägen Blockfasern, von diesen auf die schneller, doch nicht so schnell wie die von A beweglichen Zellen der Kammerbasis über. Bei antiperistaltischer Leitung geschieht die Uebertragung in umgekehrter Reihenfolge. Da nun der physiologische Erregungsvorgang in A dem in den V-Fasern ohne Zweifel nicht gleich ist, wird es somit für die Leitung einen Unterschied müssen machen können, ob die Erregung von A oder von V ausgeht. Es braucht nur in einem der drei Glieder der Kette beispielsweise die Steilheit des als Leitungsreiz wirkenden Erregungsvorganges sich so zu ändern, dass die Theilchen des benachbarten Gliedes dadurch nicht mehr in Erregung versetzt werden können, so wird die Möglichkeit irreciproker Leitung bestehen. Sind z. B. die Blockfasern nicht mehr für den von A kommenden Reiz empfänglich, so könnten sie es doch gleichwohl für den von V her anlangenden noch sein und ihren eigenen Erregungszustand dabei auf A zu übertragen vermögen. Hier würde dann Antiperistaltik, aber nicht mehr Peristaltik möglich sein. Wenn andererseits der Verlauf des Erregungsvorganges in den Blockfasern derartig würde, dass von ihnen aus eine erfolgreiche Reizung von A nicht mehr, wohl aber eine solche von V noch zu Stande kommen könnte, während gleichzeitig die Anspruchsfähigkeit der Blockfasern für den von A kommenden Reiz erhalten bliebe, so würde noch Peristaltik, aber nicht mehr Antiperistaltik möglich sein. Die Leitung zwischen A und V

---

von 33 %) kann man sich leicht vom Bestehen typischer morphologischer Unterschiede der Zellen der verschiedenen Herzabtheilungen überzeugen. Die jetzt bevorzugte histiologische Methode des Erhärtens, Färbens, Einbettens, Schneidens, Aufhellens, Einschliessens ist für diesen, wie für so viele andere Zwecke sehr viel weniger brauchbar und daher rührt es wohl auch, dass diese wichtigen Thatsachen so vielen, und darunter selbst Physiologen, die sich speciell mit dem Herz beschäftigen, unbekannt zu sein scheinen.

wird weiter in beiden Richtungen zugleich aufgehoben sein, wenn auch nur eines der drei Glieder das benachbarte weder erregen noch von ihm erregt werden kann.

Ich sehe nichts, was in der Begründung dieser Annahmen etwa unerlaubt heissen könnte und will nur, um Missdeutungen vorzubeugen, nochmals ausdrücklich betonen, dass keineswegs bloss Aenderungen in der Steilheit des physiologischen Erregungsvorganges, sondern auch andere, quantitative wie qualitative Aenderungen der Erregungsprocesse als mögliche Ursachen der Verwandlung reciproker in irreciproke Leitung werden wirken können.

Wir haben es an der Grenze zwischen Vorkammer und Kammer, obschon in der Norm in sehr viel unvollkommenerem Grade, doch principiell mit einem ähnlichen Zustand zu thun, wie an der Grenze von Nerv- und Muskelfaser oder an der Grenze von den Enden eines cellulifugalen Nervenausläufers und dem Körper oder den Neurodendren einer Ganglienzelle. In den letzteren Fällen besteht schon normal vielleicht immer irreciproke Leitung. Nachweislich sind hier Unterschiede im Verlauf der physiologischen Erregung und in der Anspruchsfähigkeit der bei der Uebertragung betheiligten beiderseitigen Elemente vorhanden, und zwar oft so grobe, dass sie für sich allein zur Erklärung des einseitigen Uebertragungsvermögens sehr wohl genügen könnten: man denke an den verschiedenen Verlauf der Erregung und die Erregbarkeitsunterschiede von Muskeln, besonders glatten, und motorischen Nervenfasern. Auch wenn in diesen beiden Elementen, wie wahrscheinlich, der physiologische Reizungsvorgang der Art nach derselbe, z. B. wesentlich ein electrischer, wäre, so würde doch schon wegen des offenbar viel trägeren Verlaufs und der langsameren Fortpflanzung des Vorganges im Muskel eine Erregung der Endfibrillen des Nerven von der Muskelsubstanz aus schwerer sein müssen, als der umgekehrte Vorgang. Der Unterschied ist ähnlich wie der zwischen dem Einschleichen und dem plötzlichen Einbrechen eines electrischen Stromes. Vollends wird die Uebertragung in der einen Richtung erschwert werden müssen, wenn zugleich auch die Anspruchsfähigkeit der beiderseitigen Elemente entsprechende Unterschiede zeigt.

Mutatis mutandis wäre auf dieselbe Weise begreiflich, weshalb ein Reflex von centripetalen auf centrifugale Fasern, aber nicht der umgekehrte Vorgang vorkommt, weshalb geordnete associirte

Bewegungen, wie z. B. der Schluckakt, nicht auch in umgekehrter Reihenfolge ausgelöst werden können, und viele ähnliche Erscheinungen einseitiger Association im centralen Nervensystem und an der Peripherie.

Dabei ist es übrigens umgekehrt auch denkbar, dass eine in der Norm irreciproke Leitung zu einer reciproken wird, ein Fall, der vielleicht bei Vergiftung mit Strychnin und ähnlich wirkenden Agentien und bei gewissen krankhaften Veränderungen der Reizbarkeit und der Erregungsvorgänge im centralen Nervensystem vorkommen wird.

Es handelt sich hier offenbar um ein ganz allgemeines Princip, das bei allen Arten physiologischer Reizübertragungen im lebenden Organismus in Betracht kommt und im Auge zu behalten sein wird.

Im Herzen nun entwickelt sich die irreciproke aus der reciproken Leitung erst dann, wenn beim Absterben oder unter Einwirkung von Nerven (Vagus), Giften oder anderen Agentien die anfänglichen physiologischen Unterschiede grösser geworden sind. Dass Letzteres dann wirklich der Fall ist, lehren allbekannte Erfahrungen. Ich erinnere nur an das unter gewöhnlichen Umständen frühere Aufhören der Reizbarkeit der Kammer, verglichen mit der der Vorkammern, und an die alte Bezeichnung des rechten Herzohrs als „ultimum moriens".

Da auch die Muskeln der rechten und linken Vorkammer nicht ganz dieselben Eigenschaften besitzen, und ebenso auch nicht die der beiden Kammern, bezüglich die der verschiedenen Gegenden derselben Kammer, und diese Unterschiede, schon wegen Unterschieden der äusseren Bedingungen (Dimensionen, Lage, Art und Menge des Blutgehalts u. s. w.) beim Absterben sich im Allgemeinen stärker ausbilden werden, wird auch hier die normale reciproke sich gelegentlich in eine irreciproke Leitung verwandeln können. Von diesem Gesichtspunkte aus werden, wie mir scheint, viele bisher unerklärte Erscheinungen abnormer Herzthätigkeit begreiflich, wie das gelegentlich, unter nicht mehr normalen Bedingungen, besonders in späteren Stadien des Absterbens zu beobachtende, selbstständige, bezüglich nur alternirend isochrone Klopfen der beiden Vorkammern oder der beiden Kammern oder Kammerhälften, und andere Störungen in der Coordination der Thätigkeit der einzelnen Herzabschnitte[1]. Auch auf andere bis-

1) Vgl. besonders Ph. Knoll, Ueber Incongruenz in der Thätigkeit

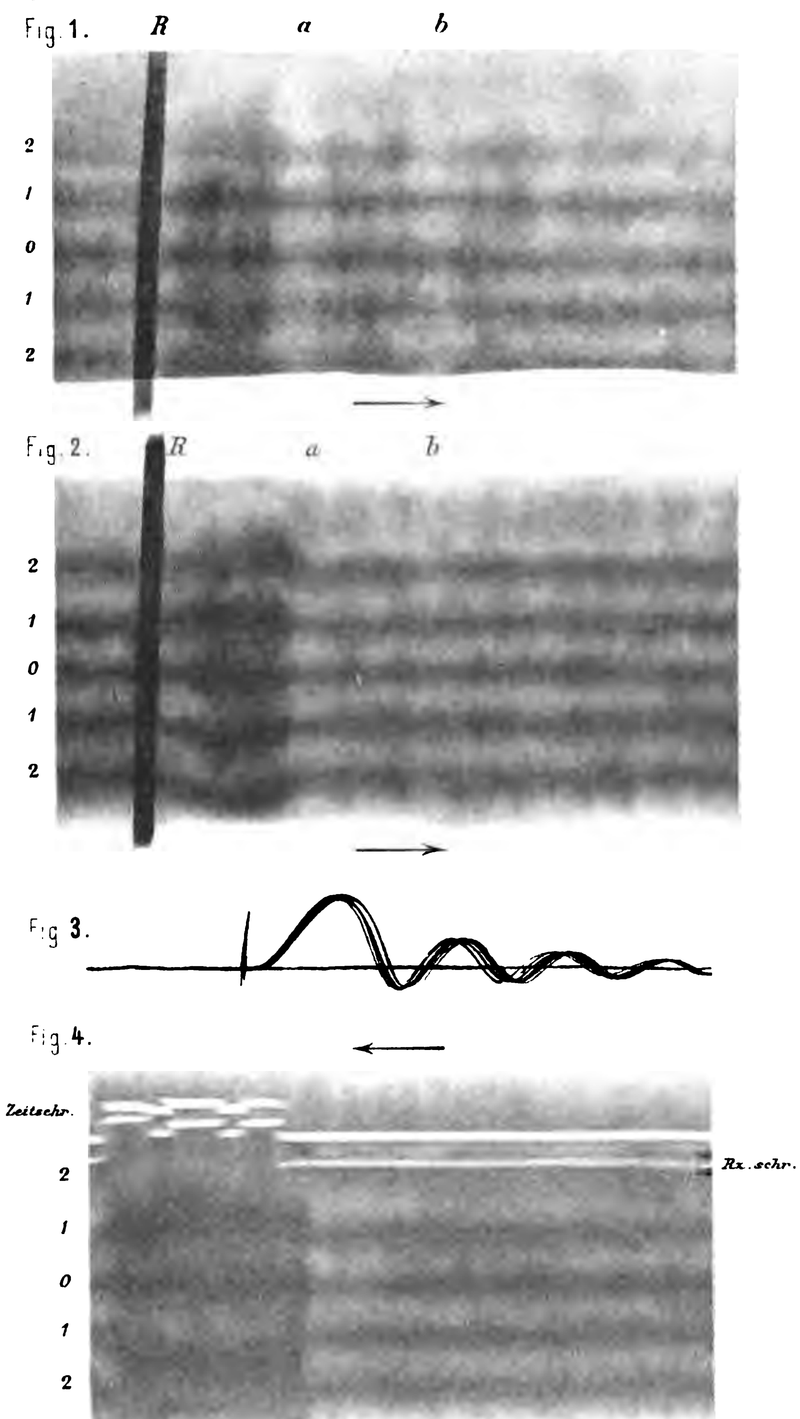
her dunkle Erscheinungen scheint mir Licht zu fällen, wie auf die paradoxe Thatsache, dass unter Umständen (Regeneration, Einwirkung von CO_2) eine Nervenstrecke scheinbar der directen electrischen Reizbarkeit völlig beraubt sein und doch Leitungsvermögen für den physiologischen Reiz besitzen kann. Die Erklärung scheint mir darin zu liegen, dass in diesen Fällen durch den directen electrischen Reiz zwar örtlich im Nerven Erregung zu Stande kommt, diese sich aber wegen ihres besonderen Charakters (Verlaufs z. B.) nicht auf die angrenzenden Nerventheilchen fortpflanzen kann. Es ist die Frage, ob sich nicht eine Form directer künstlicher Reizung wird finden lassen, für welche auch in diesen Fällen die alterirte Nervenstrecke anspruchsfähig bleibt, um so mehr als Alcohol angeblich die Leitungsfähigkeit für den natürlichen Reiz schneller als für den künstlichen electrischen vernichtet.

Die hier entwickelte Vorstellung rechtfertigte das Vermuthen, dass sich auch bei gewöhnlichen quergestreiften Muskeln, wie auch bei Nervenfasern, also bei physiologisch auf allen Querschnitten in der Norm gleichen reizbaren Elementen, die normale reciproke in eine irreciproke Leitung zu verwandeln oder doch wenigstens auffällige Unterschiede im Leitungsvermögen nach beiden Richtungen künstlich zu erzeugen sein würden, wenn man nur den Fasern an verschiedenen Stellen ihrer Länge verschiedene physiologische Eigenschaften gäbe.

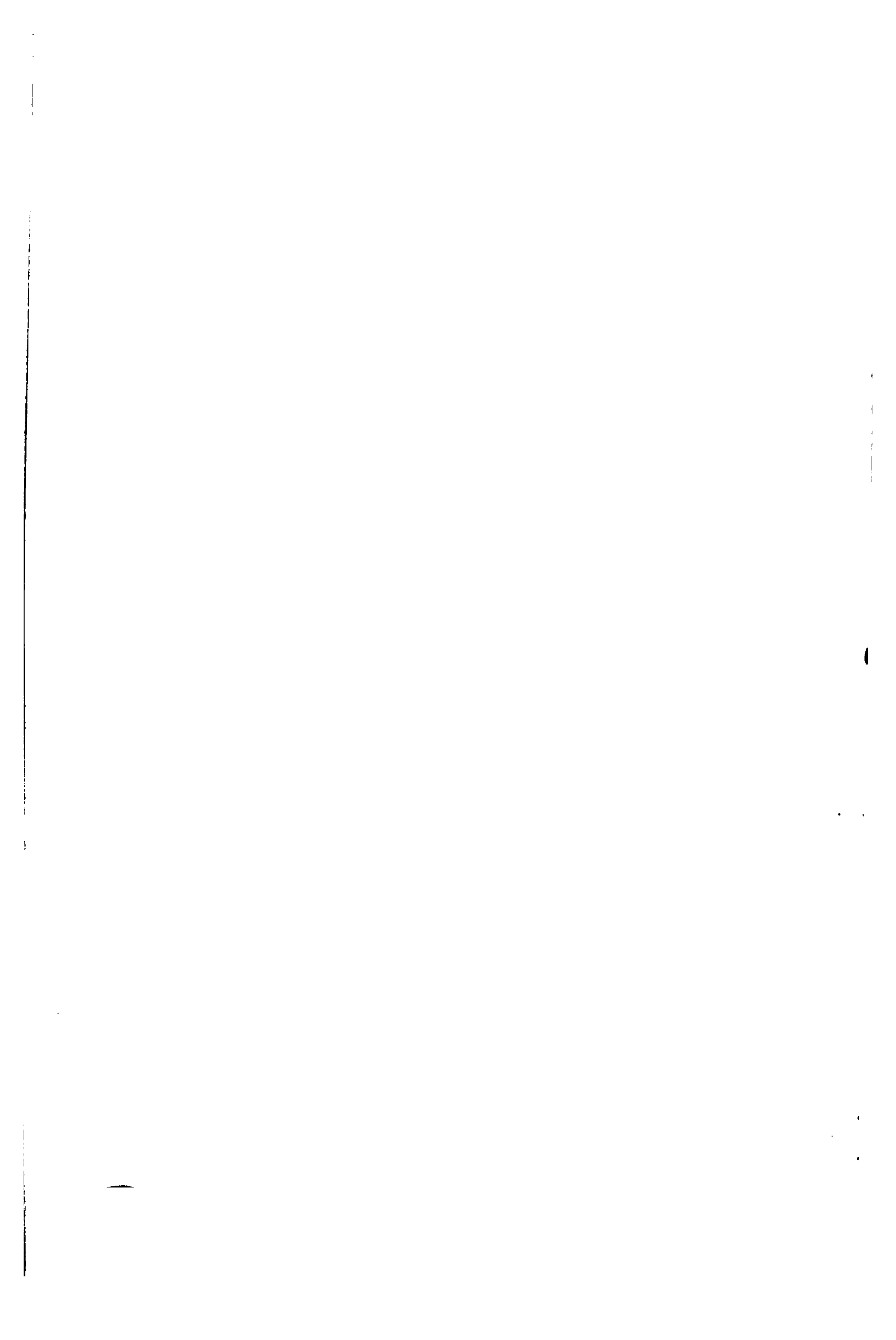
Versuche, die ich in dieser Richtung zunächst am curarisirten Froschsartorius anstellte, haben diese Vermuthung bestätigt. Es gelingt unschwer, durch locale Application von Giften, Kälte u. dgl. das in der Norm in auf- wie absteigender Richtung merklich gleiche Leitungsvermögen der Muskelfasern so ungleich zu machen, dass selbst ultramaximale Reize sich nicht von der einen zur anderen Muskelhälfte fortpflanzen können, während gleichzeitig selbst schwache submaximale Reize in umgekehrter Richtung fortgeleitet werden. Man kann die am Herzen gegebenen Verhältnisse am Sartorius in sehr weitgehender Weise künstlich nachahmen. Schon beim Absterben in physiologischer Salzlösung pflegt übrigens die

der beiden Herzhälften. Sitzungsber. d. kais. Akad. in Wien; Math.-naturw. Cl. Bd. XCIX. Abth. III. 1890. p. 32ff. — Derselbe, Graphische Versuche an den vier Abtheilungen des Säugethierherzens. Ebenda. Bd. CIII. Nov. 1894. p. 298 ff.

absteigende Leitung im Sartorius rascher zu leiden als die aufsteigende und ein Stadium irreciproker Leitung zu kommen. Die Beschreibung der angewandten Versuchsverfahren und die experimentellen graphischen Belege, die ich der k. Akademie der Wissenschaften in Amsterdam am 25. Mai d. J. bereits vorlegte, werde ich in einem folgenden Artikel geben.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt Verlag v. Emil Strauss, Bonn



Das Beugungsspektrum des quergestreiften Muskels bei der Contraktion.

Von

J. Bernstein.

Hierzu Tafel VII und 1 Textfigur.

Es ist von Ranvier[1]) die interessante Beobachtung gemacht worden, dass die quergestreiften Muskelfasern wie ein feines Gitter Beugungsspektra erzeugen. Man sieht dieselben, wenn man einen gestreckten dünnen Muskel oder ein Präparat desselben vor das Auge bringt und nach einem hellen, dazu senkrechten Spalt oder einer schmalen Lichtflamme im dunkeln Raume sieht. Man erblickt dann zu beiden Seiten des ungebeugten Bildes mehrere Beugungsspektra. Ranvier hat auch am lebenden Muskel beobachtet, dass die Spektra bei der Zusammenziehung breiter werden in Folge der Annäherung der Querstreifen, entsprechend einem feineren Gitter aus dichter stehenden Linien.

Von Zoth[2]) sind Messungen über den Abstand der Spektra im Vergleich zu der Feinheit der Querstreifung an Muskelfasern verschiedener Thiere gemacht worden, indem er sich hierbei der mikroskopischen Beobachtung unter schwacher Vergrösserung bediente. An den einfach gestreiften Fasern der Froschmuskeln und anderer Wirbelthiere fand sich eine gute Uebereinstimmung für den Abstand der Spektra (im Gelb gemessen) mit der von den isotropen und anisotropen Scheiben gebildeten Spaltbreite. Bei den reicher gestreiften Fasern der Insektenmuskeln gestalten sich die Verhältnisse complicirter. Zoth bestätigte die Beobachtung Ranvier's, dass bei tetanischer Zusammenziehung des Froschmuskels die Spektra

1) Comptes rendus 1874, Arch. d. Physiol. 1874. S. 774.

2) Sitzungsberichte der K. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-nat. Klasse Bd. XCXX. Abth III. Nov. 1890.

breiter werden, und maass die Entfernung des Gelb in der Ruhe und in der Contraktion in der Mitte des Bildes. Er fand wie Ranvier, dass die Spektra während des Tetanus bestehen bleiben.

Es schien mir nun von hohem Interesse, die Aenderungen der Beugungserscheinungen während der Contraktion, sowohl in der Zuckung wie im Tetanus mit Hilfe physikalischer Methoden genauer zu analysiren. Ich bediente mich hierzu, nachdem die Beobachtung des virtuellen Bildes und die Anwendung rotirender Spiegel wegen der Flüchtigkeit der Erscheinungen keine entscheidenden Resultate gegeben hatten, schliesslich folgender Einrichtung: Es wird von einem Muskel, dem Sartorius des Frosches, ein reelles Bild der Beugungsspektra entworfen (Fig. 1), indem ein

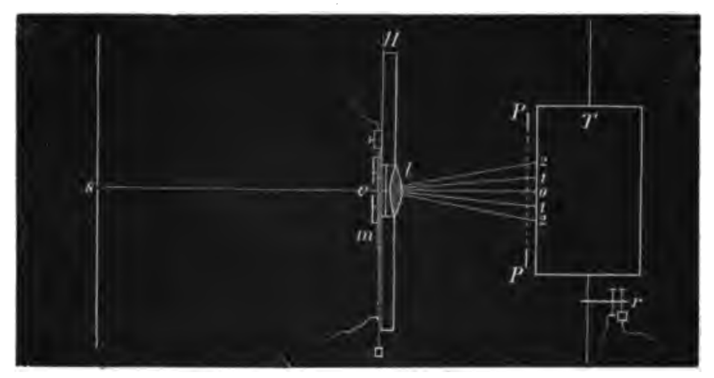


Fig. 1.

Bündel paralleler Strahlen aus einem horizontalen, etwa 1,6 Meter entfernten Spalt *s* auf den Muskel *m* auffällt, welcher vor der Oeffnung des Schirmes *H* senkrecht aufgehängt ist. Der obere Theil des Muskels befindet sich zwischen zwei Glasplatten, von denen die vordere bis auf eine kleine quadratische oder längliche Oeffnung *o* mit schwarzem Papier gedeckt ist. Dieselbe wird durch zwei Schrauben an den Muskel leicht angedrückt, so dass er sich bei der Zusammenziehung in der Richtung der Strahlen nicht verdicken kann. Unten ist der Muskel durch einen leichten Schreibhebel belastet, von dem nur Faden und Gewicht gezeichnet sind. Hinter dem Muskel und der hinteren Glasplatte befindet sich die Convexlinse *l* von etwa 4,5 cm Brennweite. Dieselbe entwirft auf einem weissen Schirm in dieser Entfernung sehr schöne Beugungsspektra 1, 2 u. s. w. zu Seiten des ungebeugten Strahles *o*, wenn man sich des Sonnenlichtes oder starken elektrischen Lichtes im

verdunkelten Zimmer bedient. Man kann nun die Bewegung dieser Spektra bei der Zusammenziehung des Muskels zwar sehr schön wahrnehmen, dieselben auch im rotirenden Spiegel betrachten; indessen lässt sich auf diese Weise nicht mehr als bei der Betrachtung virtueller Bilder erkennen. Desshalb ging ich zur photographischen Aufnahme der Spektra auf einer rotirenden Trommel über. Zu diesem Zwecke wurde durch den dicht vor die Trommel *T* gestellten schmalen Spalt *PP* ein senkrechter Streifen von geringer Breite aus dem Beugungsbilde ausgeschnitten, welcher sich auf dem photographischen Papier der Trommel abbildete. Bei der Rotation der Trommel zeichneten daher die Maxima der Seitenspektra Curven auf, aus welchen man auf den Zustand der Querstreifung schliessen konnte.

Um den Muskel tetanisch zu reizen, wurde an der Trommel ein Zeit- und Reizschreiber angebracht, deren Hebel hinter dem Spalt *P* sich bewegten und daher auf dem Papier ihre Bewegungen photographisch markirten. Sie deckten entweder den ungebeugten Strahl oder die eine oder andere Seite der Seitenspektra (in der Figur nicht abgebildet).

Um das Zuckungsbild zu verzeichnen, wurde an der Axe der Trommel die Reizvorrichtung *r* angebracht, welche den primären Kreis eines Inductionsstromes bei der Rotation momentan schloss. Die Inductionsschläge wurden dem Muskel oben durch die Klemme, unten durch den Hebel zugeführt.

a. Das Zuckungsspektrum.

Der Moment der Reizung wird auf dem Bilde dadurch angegeben, dass man den Reizcontakt *r* einstellt, während das Licht durch einen Schirm von dem Muskel abgehalten ist und dann 1—2 Sec. das Licht einwirken lässt, sodass auf dem Bilde ein dunkler senkrechter Streifen entsteht, wie in Fig. 1 oder 2 Tafel VII bei *R* zu erkennen ist. Um deutliche Bilder zu erhalten, muss man bei grösserer Geschwindigkeit der Trommel etwa 5—10 Zuckungen hintereinander zeichnen lassen. Findet keine Reizung statt, so entstehen auf dem Bilde parallele Streifen von nahezu gleichmässiger Lichtstärke, welche den wirksamsten Stellen der Seitenspektra entsprechen. Man sieht zwei deutliche Spektra zu beiden Seiten des ungebeugten Strahles *o*.

Wenn nun eine Reizung stattfindet, so sieht man, wie Fig. 1 und 2 Tafel VII zeigen, deutlich die Bewegung und Verbreiterung der Spektra in dem Raume von *R* bis *a*. Die Bewegung der Querstreifen schreibt sich direkt in Wellenform auf. Dass dieses Zuckungsspektrum mit der Zuckungscurve zeitlich übereinstimmt, zeigt Fig. 3 Tafel VII, in welcher letztere bei derselben Geschwindigkeit der Trommel bei 10 maliger Reizung aufgeschrieben ist.

Eine in hohem Grade auffallende Erscheinung ist nun die, dass die Zuckungsspektra wie auch der ungebeugte Strahl zugleich an Helligkeit zunehmen, was an den weniger dunklen Bildern am deutlichsten hervortritt. Da die beleuchtete Fläche des Muskels dieselbe bleibt und seine Dicke nicht abnehmen kann, sondern höchstens zunehmen könnte, so geht daraus hervor, dass der Muskel während der Contraktion durchsichtiger wird. Dies kann entweder dadurch geschehen, dass bei der Contraktion die Summe der Spaltöffnungen in der Flächeneinheit grösser und die Summe der dunklen Streifen kleiner wird oder dadurch, dass die Substanzen an sich durchsichtiger werden. Hierüber müssen weitere Versuche im Vergleich mit den mikroskopischen Beobachtungen entscheiden. Die Verbreiterung der Spektra müsste an sich im Gegentheil die Helligkeit vermindern. Man sieht ferner an den wenigen dunklen Bildern, dass das Zuckungsspektrum deutlich in zwei Hälften zerfällt. In dem aufsteigenden und in dem absteigenden Theil der Curve liegt ein Maximum der Helligkeit und in dem Gipfel ein Minimum. Was diese Erscheinung bedeutet, bedarf noch weiterer Untersuchung. Die Zuckungsdauer betrug etwa 0,12″. Es markiren sich endlich auch die elastischen Nachschwankungen des Muskels (das Gewichtchen 20 gr, war direkt unter dem Muskel angebracht); auch bei diesen nimmt die Helligkeit in der Zusammenziehung zu, in der Dehnung ab. Es ist weiter unten angegeben, wie elastische Aenderungen ohne vorangegangene Zuckung wirken.

b) Das Tetanus-Spektrum.

Bei der tetanischen Reizung war die Geschwindigkeit der Trommel eine viel langsamere. Es sei hier bemerkt, dass die Trommel des Baltzar'schen Kymographions nicht durch das Uhrwerk getrieben werden darf, da dieses sich ruckweise bewegt, und daher auf den Bildern senkrechte Streifen entstehen. Die Trommel

wurde vielmehr wie in den vorigen so in diesen Versuchen mit einem elektro-magnetischen Motor getrieben. Die maximale Reizung geschah mit der Helmholtz'schen Einrichtung des Schlittenapparates. In Fig. 4 Tafel VII (von rechts nach links zu lesen) sieht man links das Spektrum eines kurzen Tetanus. Eine Periode des Zeitschreibers ist etwa 0,57". Es beginnt mit dem Tetanus eine stärkere Lichtwirkung über dem ganzen Bilde, zugleich entfernen sich die verbreiterten Spektra von der Nulllinie. Bei schwächerem Tetanus ist die stärkere Lichtwirkung nicht zu erkennen. Einzelheiten sind in der Curve der Spektren nicht wahrzunehmen. Weitere Versuche hierüber müssen mit geringerer Reizfrequenz und Auslösung der Reize durch die Trommel selbst angestellt werden.

c) Versuche in polarisirtem Licht.

Fernere Ergebnisse von Erfolg versprechen Versuche, in denen man polarisirtes Licht anwendet. Man bringt vor dem Präparat und hinter der Linse *l* ein Nicol'sches Prisma an. Sind die Prismen gekreuzt und bilden ihre Polarisationsebenen 45° mit der Längsaxe des Muskels, so würde der Muskel im dunkeln Gesichtsfelde hell in einer von seiner Dicke abhängigen Farbe erscheinen. Nun hat sich das Gitter der Querstreifung gewissermaassen umgekehrt. Dunkle und helle Streifen sind vertauscht, doch ist die Spaltbreite (Summe eines hellen und dunkeln Streifen) dieselbe geblieben. Daher liegen die Spektra an derselben Stelle, wie in gewöhnlichem Lichte oder bei parallelen Nicols. Bei gekreuzten Nicols herrscht aber im ganzen Bilde die Farbe des ungebeugten Strahles vor, entweder blaugrün oder rothgelb. Bei der Zuckung und dem Tetanus machen die Spektra dieselbe Bewegung wie die Spektra des gewöhnlichen Lichtes, aber es ändert sich dabei fast jedesmal die vorherrschende Farbe des Bildes. Ob dies daher kommt, dass trotz des Compressoriums sich die Dicke des Muskels um ein Minimum ändert oder aus anderen Ursachen, kann ich noch nicht entscheiden. Bei der Betrachtung mit dem Auge konnte ich auch nicht deutlich erkennen, ob die Helligkeit der Spektra bei der Zuckung zunimmt. Photographien derselben habe ich noch nicht gewinnen können.

Bei der theoretischen Erörterung der Erscheinungen wird zu beachten sein, dass die Muskelfaser kein einfaches Gitter aus

absolut dunkele Streifen darstellt, sondern ein solches aus Streifen von Substanzen verschiedenen Brechungsvermögens; dieser Fall ist von G. Quincke [1]) untersucht worden.

d) Elastische Aenderungen.

Bei der elastischen Dehnung des ruhenden Muskels nimmt die Helligkeit des ungebeugten Strahles wie der Seitenspektra ab und bei der Zusammenziehung wieder zu. Die Muskelsubstanz wird bei der Dehnung der Fasern undurchsichtiger. Dies lässt sich sehr deutlich durch die Betrachtung des reellen Bildes mit dem Auge wahrnehmen und noch sicherer durch die Photographie nachweisen. Man erkennt an dem Beugungsbilde das Heller- und Dunklerwerden sehr gut, wenn man den Muskel mit der Hand oder durch Anhängen von Gewichten dehnt und sich wieder zusammenziehen lässt. In Fig. 1 und 2 Tafel VII sind auch die Helligkeitsänderungen bei den elastischen Nachschwankungen der Zuckungscurve zu sehen. Ich habe diese Thatsache aber nicht nur an dem Beugungsbilde, sondern noch direkter an dem ungebeugten Bilde einer durchleuchteten Stelle des Muskels festgestellt. In diesem Falle wurde nach Entfernung der Linse l (Fig. 1) durch eine in grösserer Entfernung aufgestellte grosse Linse ein Bild der beleuchteten Muskelfläche o auf der Trommel entworfen und photographirt. Auch konnte nach dieser Methode die Zunahme der Durchsichtigkeit bei der Contraktion beobachtet werden.

Schliesslich gebe ich noch eine ungefähre Berechnung für die Spaltbreite der Faser. Dieselbe ist: $b = \frac{\lambda}{\sin\alpha}$, wenn λ die Wellenlänge und α der Beugungswinkel ist. Für das reine Gelb des ersten Seitenspektrums war $\sin\alpha = \frac{1}{5,5}$, also ($\lambda = 0,000592$ genommen) $b = 0,0033$ mm in der Ruhe. Bei der Contraktion war $\sin\alpha = \frac{3}{11}$, also $b = 0,0022$ mm. Diese Zahlen stimmen mit den mikroskopischen Messungen eines Muskelfaches an Froschmuskeln genügend überein.

---

1) Poggend. Annal. B. CXXXII. p. 321.

(Aus dem physiologischen Institut in Rostock.)

Untersuchungen am überlebenden Säugethierherzen.

Von

O. Langendorff.

(Hierzu Tafel VIII und IX und 19 Figuren im Text.

Durch kein Versuchsverfahren ist die Kenntniss von den Eigenschaften und Leistungen des Herzens annähernd in dem Maasse gefördert worden, wie durch die von C. Ludwig und seinen Schülern ausgebildete Methode der Untersuchung am isolirten, durch künstliche Blutspeisung lebendig erhaltenen Froschherzen. Der Wunsch, auch am isolirten Herzen des Warmblüters elementare Versuche anstellen und an diesem Fragen lösen zu können, zu deren Behandlung sich das Kaltblüterherz weniger eignet, ist gewiss bei Vielen rege gewesen. Bisher hat es aber an einem brauchbaren Verfahren gefehlt. Die Verhältnisse scheinen auf den ersten Blick hier weit verwickelter zu liegen, als beim Froschherzen. Genügt bei diesem, Dank der eigenthümlich einfachen Art seiner Blutversorgung, schon die blosse Durchströmung der Herzhöhlen, ja sogar die in längeren Zeitabständen wiederholte Füllung derselben mit verdünntem Blute, um es stunden-, ja tagelang lebensfrisch zu erhalten, so macht das mit einem eigenen Gefässsystem versehene Warmblüterherz offenbar grössere Ansprüche an die Versuchstechnik, und mit der grossen Resistenz der Organe des kaltblütigen Thieres hält die Widerstandsfähigkeit der Gewebe des Säugethieres einen Vergleich nicht aus.

Vielleicht hat sich auch Mancher durch den missglückten Versuch von Ludwig und Schmidt bestimmen lassen, von der Anstellung eigener Experimente abzusehen. Gelegentlich ihrer bekannten Untersuchung über „das Verhalten der Gase, welche mit dem Blut durch den reizbaren Säugethiermuskel strömen“ (1), geben diese Forscher an, dass sie auch das Herz künstlich zu durch-

bluten versucht haben. „Aber schon wenige Versuche belehrten uns, so fahren sie fort, dass das Herz ein für unsere Zwecke unbrauchbares Objekt sei. Dieses Organ ist von einer ungemeinen Empfindlichkeit gegen jede Unregelmässigkeit im Blutstrom. Wenn in Folge dieser letzteren eine Stockung eintritt, so bilden sich sogleich Extravasate, die Lymphgefässe füllen sich mit Blutkörperchen und alsbald wird die durchströmte Muskelmasse starr. Der unmittelbar schädliche Einfluss des Stromes tritt besonders deutlich hervor, wenn man denselben nur durch eine der beiden Kammerarterien führt. Hier sieht man in der Regel schon in der vom Blut durchspülten Herzabtheilung die Starre eintreten, während die andern nicht durchströmten Abtheilungen noch pulsiren. Wir haben diesen Erfolg gesehen eben so wohl, wenn wir durch das Herz des Hundes Rinder- oder Hundeblut führten, mochte dieses auf 20° C. oder auf 36° bis 40° C. erwärmt sein."

Einige neuere Angaben zeigen indessen, dass es wenigstens gelingt, die Funktion des stillstehenden Herzens getödteter Säuger durch Einspritzung von Blut in die Kranzgefässe wieder zu beleben. So theilt Arnaud (2) u. a. folgenden Versuch mit: „Je laisse chez un lapin adulte le coeur s'arrêter, dans la mort par hémorrhagie: dix minutes après l'arrêt complet des ventricules j'injecte du sang à la température de 15 à 20° défibriné et oxygéné dans l'aorte, en dirigeant l'injection vers la coeur. Presque aussitôt le coeur reprend ses contractions régulières."

Ferner sahen Hédon und Gilis (3) bei einem Enthaupteten, dessen Herz stillstand und auf Reize nicht mehr reagirte, etwa eine Stunde nach dem Tode auf Injektion arteriellen Blutes in die Koronargefässe das rechte Herz lange Zeit pulsiren. Noch vollkommener soll der Versuch an einem verbluteten Hunde gelungen sein.

Das ist alles, was mir über Versuche dieser Art bekannt geworden ist[1]); meine eigenen habe ich unternommen, noch ohne Kenntniss von den hier mitgetheilten Angaben zu haben. Ich bereue es nicht, einige Mühe auf die Ausbildung einer sicheren Erfolg verbürgenden Technik verwendet und, bis sie so weit war, mancherlei Enttäuschung mit in Kauf genommen zu haben, und ich hoffe, mit der vorliegenden Mittheilung meiner Versuchergeb-

---

1) Siehe hierzu den Zusatz Seite 327.

nisse den Fachgenossen ein neues dankbares Forschungsgebiet zu eröffnen.

Herrn Kustos Westien danke ich auch an dieser Stelle dafür, dass er mich bei der Zusammenstellung der Apparate und bei der Ausführung aller Versuche auf das bereitwilligste unterstützt hat.

Die meisten meiner sehr zahlreichen Versuche sind an verbluteten Katzen, manche an Kaninchen, einige auch an Hunden ausgeführt worden. Besonders das Katzenherz ist sehr geeignet. Zur Speisung dient am besten Blut derselben Thierart: des Thieres, dessen Herz benutzt wird, wenn es gelingt, aus ihm die nöthige Blutmenge zu gewinnen, mehrerer Thiere gleicher Art, wenn grössere Blutmengen gebraucht werden. Besondere Versuche haben gezeigt, dass auch fremdes Blut (vom Rind, Schwein, Schaf) sich verwenden lässt, falls man es genügend rein und frisch bekommen kann; doch treten hierbei leicht jene Störungen auf, deren Ludwig und Schmidt Erwähnung thun, und längere Zeit hindurch scheint hier der Versuch niemals fortgesetzt werden zu können. Mich bestimmten übrigens äussere Gründe, von einer ausgedehnteren Verwendung von Schlachthausblut abzusehen.

Das durch Verblutung aus den Karotiden gewonnene Blut wird defibrinirt, durch Glaswolle filtrirt und gewärmt. Die Durchleitung durch die Kranzgefässe des ausgeschnittenen Herzens geschieht mit Hilfe des gleich zu beschreibenden Apparates unter gleichmässigem Drucke.

Das Injektionsverfahren ergibt sich so zu sagen von selbst. Man kann nicht daran denken, bei kleineren Thieren Kanülen in die Koronararterien einzubinden. Das verbietet sich nicht allein durch die Kleinheit dieser Gefässe, sondern viel mehr noch — und das gilt ebenso für grosse Versuchsthiere — durch die Schädigung, die das Herz durch die dazu nöthigen Manipulationen erfahren könnte. Weniger käme der damit verbundene Zeitverlust in Betracht. Aber denselben Zweck erreicht man in denkbar vollkommenster Weise, wenn man die blutspendende Kanüle in die aufsteigende Aorta vor dem Ursprung der Kopfarterien nach dem Herzen hin gerichtet einbindet, und einen solchen Injektionsdruck wählt, dass die Semilunarklappen der Aorta sich

völlig schliessen und auch bei kräftigster Thätigkeit der linken Kammer geschlossen bleiben. Dass dazu ein hoher Druck nicht nothwendig ist, versteht sich von selbst, wenn man bedenkt, dass der Ventrikel ohne Inhalt arbeitet. Die Klappen öffnen sich ja nur, wenn der intraventrikuläre Druck den Aortendruck übersteigt; ersterer kann aber bei mangelndem Inhalt niemals hoch werden. Auf alle Fälle muss ein Druck genügen, der ungefähr dem Blutdruck des lebenden Thieres gleichkommt. Das eingespritzte Blut kann dann nirgends anders hin als in die Koronargefässe gelangen.

Ist nun der ganze Herzmuskel durchströmt, so gelangt das Blut durch die Kranzvenen in den rechten Vorhof und fliesst, da dieser beim Ausschneiden des Herzens an den Einmündungsstellen der Hohlvenen weit eröffnet ist, ohne Widerstand zu finden, ab. Kanülen in den Vorhof einzusetzen, ist überflüssig.

Schon die erste Beobachtung lehrte, dass es auf diese Weise gelingt, das anscheinend todte, nicht mehr spontan schlagende und gar nicht oder nur noch schwach erregbare Herz durch Zuführung von arteriellem Blut wieder zum energischen und frequenten Schlagen zu bringen. Man kann sagen, dass dies immer glückt, so lange das Herz noch nicht starr geworden ist. Die Starre tritt am Herzen manchmal früh, andere Male spät ein; in einem Falle sah ich sie an einer jüngeren in der Narkose gestorbenen Katze, an der lange Zeit vergebliche Wiederbelebungsversuche gemacht worden waren, fast 2 Stunden p. m. noch fehlen. Auch dieses Herz liess sich wieder durch Durchblutung zu erneutem, lange andauerndem Pulsiren bringen. Am starren Herzen ist dagegen meiner Erfahrung nach die Durchblutung ganz erfolglos.

Ist das verwendete Blut frisch, hat man sich vor Misshandlung des Herzens gehütet, ist sorgfältig auf Fernhalten von Verunreinigungen, von Gerinnseln und besonders von Luftblasen geachtet, so bleibt der Erfolg der Blutspeisung kaum jemals aus, und bei passender Regelung des Druckes und der Temperatur des einströmenden Blutes, geniesst man dann viele Stunden lang das Vergnügen, das Herz kräftig und in voller Regelmässigkeit arbeiten zu sehen.

In seltenen Fällen geräth das Herz, anstatt regelrecht zu schlagen, in jenes ungeordnete Wühlen und Wogen, das man am passendsten mit Aubert und Dehn (4), sowie mit Kronecker

und Schmey (5) auf eine Schädigung koordinatorischer Apparate zurückführt. Ich glaube, dass in solchen Fällen mechanische Verletzungen des Herzens oder chemische Verunreinigungen des Blutes vorliegen, die sich nicht immer vermeiden lassen. Zuweilen genügt hier eine längere Durchspülungspause, um das Herz wieder schlagfähig zu machen. Je mehr ich mit der Technik der Durchblutung vertraut wurde, desto seltener kamen solche die Geduld des Beobachters auf eine harte Probe stellende Fälle ungeordneter Herzthätigkeit vor.

Versuchsmethode.

Die Bedingungen, welche die zur Blutdurchleitung benützte Vorrichtung erfüllen muss, sind folgende: Die Injektion soll unter gleichmässigem, stets kontrollirbarem Drucke geschehen. Das einzuleitende Blut soll eine während des Versuchs gleichbleibende (bei gewissen Experimenten leicht zu wechselnde) Temperatur haben. Es muss möglich sein, das schon durchs Herz geflossene Blut wiederholt zur Durchleitung zu verwenden. Das Herz muss sich in einem angemessen temperirten Raume befinden und vor Vertrocknung geschützt sein.

Diesen Anforderungen genügen die in Taf. VIII, Fig. 1 bis 3 dargestellten Vorrichtungen. Es ist Pflicht zu erwähnen, dass die von Ludwig und seiner Schule ausgebildeten, so vielfach bewährten Methoden uns vielfach als Muster gedient haben.

Der Injektionsapparat (Fig. 1). Zur Erzielung gleichmässigen Druckes dient eine grosse, etwa 17 $^1/_2$ Liter fassende Luftflasche (*A*); der doppelt durchbohrte Stopfen derselben trägt 2 umgebogene Glasröhren, von denen die eine bis zum Ende des Gefässes reichende bei *a* mit der Wasserleitung, die andere, kurze, mit der Blutflasche (*B*) verbunden ist. Die am Boden der grossen Flasche befindliche Tubulatur dient zum Wasserabfluss und wird während des Versuches durch die Schlauchklemme *b* geschlossen gehalten. Die kurze zur Blutflasche führende Röhre steht mit dieser durch den Gummischlauch *c* und ein mehrfach verzweigtes Glasrohr in Verbindung. Ein Seitenast desselben führt zum Quecksilbermanometer *C*, ein anderer (bei *o*) endet frei und ist mit einem Dreiweghahn versehen. Schliesslich geht das Rohr in ein weites T-Stück über, das in den Hals der Blut-

flasche *B* dicht eingesetzt ist. Der nach oben ragende Schenkel dieses T-Stückes ist kurz abgeschnitten und durch ihn hindurch führt das bis zum Boden der Blutflasche reichende Rohr *p* eines geräumigen, mit Hahnverschluss (*d*) versehenen Fülltrichters *K*. Das Trichterrohr ist weit enger als der vertikale Schenkel des T-Rohres, den es durchsetzt und ist durch ein kurzes Stück Schlauch dicht mit ihm verbunden. Die Blutflasche *B* mündet an ihrer Basis in eine kurze Röhre (*q*), die ein Gummischlauch mit der Injektionskanüle *M* verbindet.

Diese Kanüle besteht aus zwei Stücken: der eigentlichen Herzkanüle *r*, die mit ihrem kurzgekröpften Ende in die Aorta des Herzens *L* eingebunden wird und durch eine Verschraubung (*e*), ähnlich den an den Bleiröhren von Manometern angebrachten, in das andere, T-förmige Stück eingefügt werden kann. Dieses letztere enthält einen kleinen Dreiweghahn (*f*); sein oberes Ende (*d*) lässt sich durch einen konisch geschliffenen Stöpsel verschliessen. Der dritte, seitlich abgehende Schenkel des T-Rohres dient zur Verbindung mit dem von der Blutflasche kommenden Schlauche. Dieser Schlauch ist mit einer feinen Schraubklemme (*h*) versehen, die den Blutzufluss zu regeln hat.

Das Herz befindet sich innerhalb einer aus Blech verfertigten trichterartigen Kammer (*F*), die unten bis auf eine kleine Oeffnung durch einen Kork geschlossen ist. Ihre oben weite Mündung kann durch eine starke, mit einem zum Durchlass der Kanüle dienenden Schlitz versehene Glimmerplatte (in der Abbildung nicht zu sehen) zugedeckt werden. Blutflasche und Wärmekammer, wie wir den das Herz beherbergenden Trichter *F* nennen wollen, befinden sich nebst dem grössten Theil des Verbindungsschlauches in einer grossen, bis an ihren Rand mit Wasser gefüllten Wanne (*N*). Diese steht auf Füssen und wird durch einen vom Gasregulator *G* geregelten Bunsenflamme (*O*) geheizt. Das Thermometer (*D*) gibt die in der Regel auf 40 bis 45° C. erhaltene Wasserwärme an. Die Blutflasche schwebt, durch ein Stativ gehalten, frei im Wasser; die Wärmekammer *F* ist mit ihrem untersten Theil in eine Oeffnung der Wannenbodens eingelöthet. Das Gefäss *J* fängt das aus dem Herzen durch die untere Oeffnung der Wärmekammer abfliessende Blut auf.

Die Füllung der Blutflasche geschieht mittelst des Trichters *K*, an dessen Boden sich etwas Glaswolle befindet. Der

Hahn *d* ist dann natürlich offen, wird aber nach geschehener Füllung geschlossen. Soll die Flasche gefüllt werden, während Druck gegeben ist, so ist die Leitung zum Herzen abzusperren und der Dreiweghahn *e* so zu stellen, dass das Innere der Blutflasche mit der Atmosphäre, nicht aber mit dem Druckgefäss *A* kommunizirt. Der vorhandene Druck bleibt dann der Luftflasche erhalten, stört aber nicht das Einfliessen von Blut in das Gefäss *B*.

Nicht in allen Fällen reicht die geschilderte Injektionsvorrichtung aus. Soll z. B. die Temperatur des einströmenden Blutes schnell und präcise geändert werden, handelt es sich darum, ausser mit Blut die Koronargefässe auch mit anderen Flüssigkeiten zu durchspülen, so kommt man mit einem einzigen, die Speisungsflüssigkeit enthaltenden Gefässe nicht aus. In solchen Fällen benutzte ich ein Doppelflaschensystem. Das Druckgefäss (*A*) stand hier mit zwei Flaschen in Verbindung, deren jede gesondert eingeschaltet werden konnte. Auf die nähere Einrichtung dieses Apparates, dessen Verwendung einige besondere Handgriffe erforderte, möchte ich für diesmal nicht eingehen. Ich kehre zur Besprechung der zumeist benützten Vorrichtung zurück.

Der Injektionsdruck wird in folgender Weise hergestellt und geregelt. Wenn der Wasserleitungshahn geöffnet wird, sucht das von *a* aus einfliessende Wasser die in *A* enthaltene Luft zu verdrängen, und setzt das in *B* befindliche Blut unter Druck. Ist die Herzkanüle abgestellt, so erhält sich, da alle Verbindungen dicht schliessen, der einmal erzeugte Druck auch nach Schliessung des Wasserhahnes lange Zeit konstant. Aber auch wenn die Kanüle *M* den Zufluss zum Herzen gestattet, sinkt der Druck wegen der Grösse des Luftraumes und der Geringfügigkeit des Abflusses nur sehr langsam. Man hat nur nöthig, von Zeit zu Zeit, nach Maassgabe der manometrischen Angaben, den Wasserhahn einen Moment zu öffnen, um einen nur innerhalb geringer Breiten schwankenden Druck zu erhalten. Immerhin ist die dafür nothwendige dauernde Beaufsichtigung des Manometers lästig, und in manchen Fällen war es wünschenswerth, selbst geringe Druckschwankungen völlig auszuschliessen. Dazu diente:

Der Druckregulator (Fig. 2, Taf. VIII). Derselbe ist folgendermaassen eingerichtet. Auf den freien Schenkel des Manometers (*C* in Fig. 1) ist eine Metallkappe (*K*) aufgekittet, die von einem starken Platindraht (*d*) durchsetzt wird. Derselbe

ragt mit seinem Ende bis an das Quecksilber heran und ist auf beliebige Druckhöhen mittelst des Stellschräubchens *s* einstellbar. Das Quecksilber des Manometers einerseits, andrerseits der Draht sind bei *q* und *k* mit einer galvanischen Kette verbunden. Erreicht das Quecksilberniveau den Platindraht, so ist der Strom geschlossen, er öffnet sich, sowie das Niveau auch nur um Bruchtheile eines Millimeters sinkt. In den Stromkreis ist ferner ein Elektromagnet (*E*) eingeschaltet, dessen Anker so mit einem in den Wasserzufluss zu *A* (Fig. 1) eingeschalteten Hahne *H* verbunden ist, dass bei Anziehung des Ankers der Hahn sich schliesst und die Wasserleitung absperrt. Der Wasserzufluss hört also sofort auf, sowie das Quecksilber den Platindraht berührt und bleibt so lange gesperrt, bis ein Sinken des Quecksilbers den Kontakt aufhebt. Dann strömt sofort Wasser ins Druckgefäss hinein und stellt, man kann sagen im Handumdrehen, den gewünschten Druck wieder her.

Natürlich ist eine starke Batterie zu diesem Zwecke erforderlich. Der starke Strom würde den Quecksilberkontakt schnell verunreinigen. Deshalb ist als Zwischenglied ein Telegraphen-Relais (*R*) eingeschaltet, das nur von 2 Tauchelementen (*El*) gespeist, im Kontaktmomente den eigentlichen Arbeitsstrom schliesst. Die grosse Batterie ist nicht mit dargestellt. Ihre Pole sind bei b^1 und b^2 mit dem Elektromagnet und mit dem Relais verbunden. Mit dem Quecksilberkontakte steht nur der Relaisstrom in Verbindung.

Bei lange dauernden Versuchen nützt sich natürlich die fast dauernd in Anspruch genommene grosse Batterie leicht ab, und der Magnet versagt. Aber in praxi kommt dies wenig in Betracht, da man absolut konstante Drücke in der Regel nicht stundenlang braucht.

Der Schreibapparat (s. Taf. VIII, Fig. 1 und Fig. 3). Die Zusammenziehungen des künstlich am Leben erhaltenen Herzens müssen graphisch aufgezeichnet werden, wenn man Versuche beabsichtigt, in denen es auf Aenderungen in Frequenz, Stärke und Form der Zusammenziehungen ankommt.

Nach mancherlei vergeblichen Versuchen, eine passende Schreibweise ausfindig zu machen, entschloss ich mich, die Verkürzungen aufzuzeichnen, die der Längendurchmesser der Kammern in der Systole erfährt. Zu diesem Zwecke wurde, da eine direkte

Schreibung mit mancherlei Unbequemlichkeiten verbunden gewesen wäre, ein Luftkapselsystem verwendet.

Der schreibende Theil desselben bestand aus einer Marey'schen Zeichenkapsel, über die nichts besonders zu bemerken ist. Als Aufnahmekapsel fungirte in den ersten Versuchen die in Fig. 3, Taf. VIII dargestellte Vorrichtung. Ein gläsernes Gefäss (*k*) etwa von der Form einer kurzen Tabakspfeife, ist am weiten Ende mit einer nur wenig straff angespannten Gummimembran (*m*) überzogen. Diese trägt in ihrer Mitte ein mit einer Oese versehenes Knöpfchen. An dieser Membran zieht vermittelst eines mit der Oese verknüpften Fadens das arbeitende Herz[1]). Dieses befindet sich innerhalb des Trichters *Tr.* In seine Spitze ist ein Metallhäkchen eingestossen, an dem der Faden befestigt ist. Der Faden geht über die Rolle *R*, die in der aus der Abbildung zu ersehenden Weise im Innern des Trichters befestigt ist, zur Kapsel *K*. Das Herz zieht bei jeder Systole an der Membran, und der Zeichenhebel des mit der Aufnahmekapsel verbundenen Tambours geht nach unten.

Dieses Verfahren hatte den Nachtheil, dass bei stärkeren Herzschlägen die Membran sich allzustark spannte und von einem gewissen Grade der Kontraktion an nur wenig dehnte.

Ich habe deshalb das Aufnahmesystem durch eine von Herrn Westien konstruirte, auf der linken Seite der Fig. 1, Taf. VIII abgebildete Vorrichtung ersetzt, die sich in jeder Beziehung bewährt hat. Sie vermeidet zugleich eine allzu ausgedehnte Reibung des Fadens an der Rolle, die beim früheren Verfahren nachtheilig wirkte, und erlaubt den Faden bequem und in beliebig zu regulirender Spannung an der Kapsel zu befestigen.

Die Kapsel *H* besteht hier aus einem mit Riffen versehenen leichten Metallring von 8 mm Breite und 46 mm Durchmesser. Dieser ist auf beiden Seiten mit Kautschukmembranen (*i i* und i^1 i^1) überkleidet. Die vordere Membran *i i* trägt eine dünne metallene Pelotte, an der sich ein kleiner zur Befestigung des Fadens *l l* dienender sog. Laternenkopf (*k*) befindet. Die hintere Membran ist central durchlocht. Auf sie ist eine ebenfalls gelochte, mit einem Abzugsrohr versehene Platte so aufgeklebt,

1) Diese Form und Benutzung der Aufnahmekapsel war im Wittich'schen Laboratorium üblich.

dass das Innere des Ringes mit dem Abzugsrohr kommunizirt. Das letztere ist in ein dreiseitiges Metallprisma eingesetzt, das durch eine Mikrometervorrichtung *m*, ähnlich der Schraube eines Mikroskops, fein eingestellt werden kann. Das Abzugsrohr ragt ein Stück weit aus dem Prisma heraus und wird mit dem zur Marey'schen Kapsel führenden Schlauche *n* verbunden. Die ebenfalls prismatische Hülse des Mikrometers ist am Stativ *s* verstellbar angebracht. Das Herz befindet sich in der oben beschriebenen Kammer. Der mittels eines Metallhäkchens an seiner Spitze befestigte Faden *l l l* ist durch die untere Oeffnung der Wärmekammer durchgezogen und geht über eine ebenfalls am Stativ verstellbare, unter der Wanne aufgestellte, sehr leicht bewegliche Rolle *G* zur Aufnahmekapsel. Hier ist er durch den Laternenkopf (*k*) durchgezogen, dergestalt, dass wenn das Häkchen im Herzen befestigt ist und die Herzkanüle ihre definitive Lage erhalten hat, der Faden einfach angezogen und durch eine Schraubendrehung festgestellt werden kann. Die günstigste Spannung bringt man nachträglich durch grobe Verstellung der Aufnahmekapsel am Stativ und durch die mikrometrische Einstellung zu Stande.

Die Vorzüge der mit doppelter Membran versehenen Aufnahmekapsel bestehen einmal in der Empfindlichkeit und Leichtbeweglichkeit des Systems und zweitens in der grossen Ausgiebigkeit der Membranbewegung. Die Aufnahmemembran ist hier gewissermaassen in zwei Membranen zerlegt, so wie man, um gleichmässigere Wirkungen zu erhalten, in der Technik statt starker Plattfedern ein System von mehreren schwachen Federn anwendet. In der That zeigt sich die Doppelmembran der einfachen dadurch überlegen, dass die Exkursionen gleichförmiger mit dem Zuge wachsen, stärkere Zusammenziehungen des Muskels sich also treuer darstellen.

Vorbereitung und Ausführung der Versuche.

Die Vorbereitungen zur Durchspülung sind folgende. Das Herz des mit Chloroform nicht allzu tief betäubten, dann aus den Karotiden verbluteten Thieres[1]) wird ohne jede Eile freigelegt.

1) Bei sehr tiefer Narkose gewinnt man zu wenig Blut.

Man wartet damit, bis auch die letzten Athembewegungen erloschen sind, weil sonst bei der leicht vorkommenden Verletzung grösserer Venen Luft ins Herz und die Herzgefässe eindringen kann.

Dann isolirt man den Anfangstheil der Aorta und legt um ihn eine starke Fadenschlinge, mit der man den unteren Theil der oben geschilderten Herzkanüle einbindet. Von dieser aus wird die Aorta mit 0.7 prozentiger Kochsalzlösung ausgewaschen; die Auswaschung setzt man eine zeitlang fort, während man die im linken Herzen verbliebenen Blutreste durch sanftes Kneten der Kammer möglichst in die Aorta hineinpresst. Je besser die Ausspülung gelingt, desto weniger sind spätere Gerinnungen zu befürchten; doch achtet man darauf, dass nicht zu viel Salzlösung ins Herz gelange. Dann wird das Herz ausgeschnitten, die Kanüle nochmals bis zum Rande mit Salzwasser gefüllt und unter sorgfältigster Vermeidung auch des kleinsten Luftbläschens mit dem Apparate in Verbindung gesetzt. Der Leitungsschlauch und das obere Kanülenstück sind inzwischen mit dem aus den Karotiden gewonnenen, durch Schlagen defibrinirten, filtrirten und in der Blutflasche erwärmten Blute luftfrei gefüllt worden. Es ist zweckmässig, sofort nach dem Einschrauben der mit dem Herzen verbundenen Kanüle Druck zu geben und dabei den Dreiweghahn der Kanüle so zu stellen, dass der Leitungsschlauch sowohl mit der Aorta als auch durch den zunächst vom Stöpsel befreiten Ast *g* mit der Luft kommunizirt. So sichert man sich am besten vor Luftembolien. Das Herz darf während dieser Manipulationen nicht gedrückt werden, und es ist gut, so lange mit seiner Anbringung am Apparat zu warten, bis es gar keine oder wenigstens keine energischen Kontraktionen mehr macht.

Dann wird der Stöpsel bei *g* eingesetzt und der Hahn so gestellt, dass der Leitungsschlauch nur noch mit der Kanüle kommunizirt. Der Blutzufluss wird mit Hilfe der Schraubklemme *h* so geregelt, dass das aus dem rechten Vorhof resp. aus den kurzen Hohlvenenstümpfen abfliessende Blut nicht im Strahle, sondern schnell tropfend herauskommt. (Der Abfluss aus dem Vorhof muss so frei sein, dass dessen Zusammenziehungen das hineingelangende Kranzvenenblut nicht in den rechten Ventrikel, sondern nach aussen schaffen. Man achte daher auf Beseitigung etwaiger Gerinnsel an der betreffenden Stelle.) Sofort mit beginnendem Zufluss röthet sich das zuvor meist blasse Herz zusehends, und fast eben so schnell

beginnt seine Thätigkeit, im Anfang vielleicht etwas stürmisch und arhythmisch, bald aber in mässigerem Tempo und mit einer überraschenden Regelmässigkeit.

Hat man das Herz mit der Kanüle verbunden und den Blutstrom passend geregelt, so wird in die Herzspitze, d. h. also in das unterste Ende der linken Kammer, das Metallhäkchen des Schreibapparates eingestossen, dann das Herz in seine warme Kammer gebracht, die Herzkanüle in ihrem Halter festgestellt, und der Glimmerdeckel über die obere Kammeröffnung gelegt. Alsdann wird der am Häkchen befestigte, durch die untere Kammeröffnung hindurchgezogene Faden über die Rolle *G* geführt, angezogen und durch eine kleine Drehung am Laternenköpfchen *k* die Aufnahmekapsel in passender Spannung befestigt. Die weitere Regulirung der Spannung geschieht mittels der Mikrometerschraube *m*. Ist die Aufnahmekapsel mit der Schreibkapsel in Verbindung gesetzt, so beginnt die Aufzeichnung.

Das Venenblut fliesst durch die Trichteröffnung in ein untergesetztes Gefäss. Dabei ist es nicht zu vermeiden, dass der mit dem Herzen verbundene Faden und die Rolle benetzt und überströmt werden. Die Rolle wird durch Ueberstreichen mit Vaselin gegen das Haften und Antrocknen des Blutes geschützt; den Faden kann man, wenn nöthig, ölen. Es ist darauf zu achten, dass die ersten ausgeflossenen Blutmengen Gerinnsel zu bilden pflegen; denn dem fibrinfreien Speisungsblut mischt sich zunächst das Blut bei, das in den Herzgefässen und im Vorhof noch enthalten war. Daher die Regel, das ausgeflossene Blut vor erneutem Gebrauch zu filtriren. Man sorgt deshalb dafür, dass sich am Boden des Fülltrichters *K* immer eine kleine Menge Glaswolle befindet.

Das Blut fliesst sichtlich dunkler aus dem Herzen aus, als es hineingelangte; die Farbendifferenz ist um so grösser, je energischer das Herz arbeitet. Ein besonders venöses Aussehen hat das zuerst beim Beginn der Spülung oder nach einer längeren Speisungspause ausfliessende Blut, ein Zeichen des grossen Sauerstoffhungers des erstickenden Gewebes. Bei langsamer Spülung fliesst das Blut dunkler aus, als bei schneller.

Will man, was bei länger dauernden Beobachtungen die Regel ist, das ausgeflossene Blut wieder benützen, so muss es vorher durch Schütteln mit Luft arterialisirt werden. Zur Wiederein-

füllung macht man eine kleine Durchspülungspause, stellt also den Kanülenhahn f ab und dreht den Dreiweghahn o so, dass ohne Aenderung des in der Luftflasche A herrschenden Druckes der in der Blutflasche B sich mit dem Atmosphärendruck ausgleicht; dann giesst man das Blut in den Fülltrichter, öffnet den Hahn desselben und stellt dann, nachdem die Blutflasche sich wieder gefüllt hat, die alten Verhältnisse wieder her. Die zur Neufüllung nothwendige Strompause dauert nur Bruchtheile einer Minute und ist ganz unschädlich. Wird das „Doppelflaschensystem" benützt, so kann man die Stromunterbrechung vermeiden. Während die eine Flasche sich entleert, beschickt man hier mit dem ausgeflossenen Blute die zweite, und ist die eine nahezu leer, so schaltet man die andere ein. Steht viel Blut zur Verfügung so füllt man von vornherein beide Flaschen.

Der Druck, unter dem das Blut in die Herzgefässe einströmt, wird, wie schon angeführt, ungefähr nach der wahrscheinlichen Höhe des mittleren arteriellen Blutdruckes des benutzten Thieres bemessen. Beim Kaninchenherzen genügen schon 60—80 mm Hg, für das Herz der Katze 90—110 mm Hg, für das des Hundes 100—120 mm Hg.

Zuweilen muss man bei länger dauernden Versuchen zur Bemessung einer angemessenen Strömungsgeschwindigkeit in späteren Stadien den Druck etwas steigern. Meistens genügt aber, wenn die Ausflussgeschwindigkeit nachlässt, eine weitere Lüftung der anfangs in der Regel stärker angezogenen Schraubklemme.

Die Stromgeschwindigkeit ist natürlich bei verschiedenen Versuchen und im Verlauf eines und desselben Versuches nicht ganz gleich. Einige Male habe ich sie, wenigstens ihrer ungefähren Grösse nach, bestimmt, indem ich das abfliessende Blut im Messgefäss sammelte. So sah ich das Katzenherz vorzüglich funktioniren, als bei einem Druck von 100—110 mm Hg. 1 ccm Blut in etwa 15 Sekunden, in der Minute also etwa 4 ccm Blut ausflossen.

Im Allgemeinen hängt Energie und Schlagzahl des isolirten Herzens in hohem Maasse von der Stromgeschwindigkeit des Speisungsblutes ab. Ich kann aber zunächst nicht sagen, welcher der dabei in Betracht kommenden Faktoren wirksam ist. Vor Allem wäre an die Temperatur zu denken: das mehr Blut empfangende Herz wird stärker erwärmt, da die Temperatur der das Herz aufnehmenden Kammer der des Blutes in der Regel nicht gleichkam.

Es kam mir übrigens gar nicht darauf an, das Herz das Maximum seiner Energie entfalten zu lassen, und da meistens wegen der nicht allzu grossen Menge des zur Verfügung stehenden Blutes Sparsamkeit angezeigt war, liess ich das Blut nicht schneller durchlaufen, als zur Erzielung einer mittleren Thätigkeitsgrösse nöthig war.

Das mit voller Kraft arbeitende Herz überrascht durch die Gewalt seiner Zusammenziehungen. Diese erscheint grösser, als die eines im lebenden Thiere befindlichen Herzens. Offenbar wirkt dabei einerseits das Fehlen des intrakardialen Druckes, andererseits die geringere Fixation des isolirt aufgehängten Organs mit.

Die Aufzeichnung der Herzkontraktionen bietet, nachdem die oben erwähnten Manipulationen ausgeführt worden sind, keinerlei Schwierigkeit. Das Herz verträgt wie alle andern Eingriffe, so auch die Anbringung des Häkchens in seinem Fleische sehr gut. Nur selten ist es mir begegnet, dass die bei etwas gewaltsamem Einhaken bewirkte Quetschung das Herz zum Wogen brachte.

Als graphische Beispiele[1]) theile ich die Fig. 1 bis 8 mit. Fig. 1, 2 und 3 entstammen Hundeherzen; die Frequenz der Schläge ist in allen drei Fällen verschieden. Die Fig. 4 bis 7 rühren von Katzenherzen her.

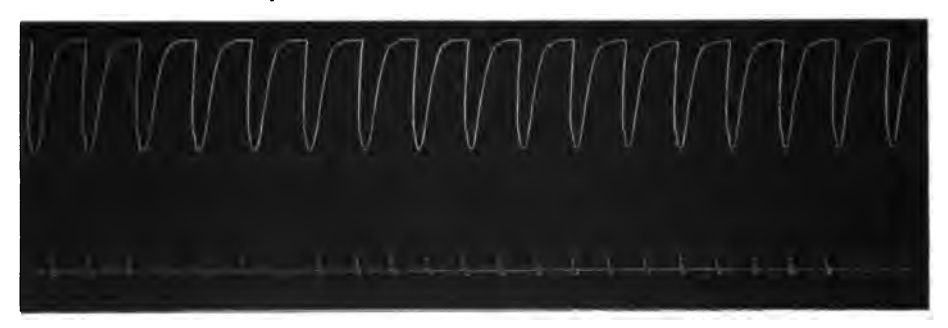


Fig. 1. Langsam schlagendes Hundeherz. (42 Pulse p. Min.)

---

1) Man erinnere sich, dass nach der Anordnung des Schreibkapselsystems die Systole, welche die Kammer verkürzt, den Hebel nach unten, also in der entgegengesetzten Richtung wie bei anderen gebräuchlichen Registrirmethoden, bewegt.

Alle Aufzeichnungen sind von links nach rechts zu lesen. Die Zeitmarken bedeuten überall einzelne Sekunden.



Fig. 2. Hund.



Fig. 3. Schnell schlagendes Hundeherz. (126 Pulse p. Min.)

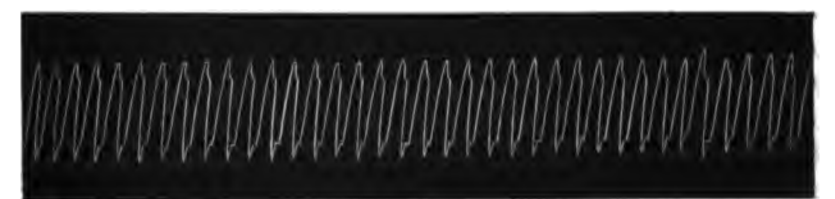


Fig. 4. Katze.



Fig. 5. Katze.

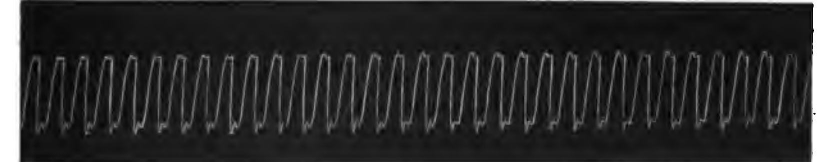


Fig. 6. Katze.

Man erkennt aus den Aufzeichnungen, dass die Kurven ein recht variables Aussehen haben können; in der That kann die



Fig. 7. Katze.

Kurvenform nicht nur unter ähnlichen Spannungs- und andern Bedingungen bei verschiedenen Herzen verschieden sein, sondern auch dasselbe Herz liefert, je nachdem es reichlich oder spärlich oder gar nicht durchströmt wird, je nachdem das Blut kalt oder warm ist u. s. w. verschiedene Zeichnungen. Ich habe der Kurvenform kein besonderes Studium gewidmet und bin deshalb für diesmal noch nicht in der Lage, Näheres über die Bedeutung des Vorhandenseins und Fehlens gewisser sekundärer Zacken auszusagen. Wahrscheinlich sind trotz der nachweislichen Zuverlässigkeit des Schreibapparates die Aufzeichnungen infolge der ungenügenden Fixation des Herzens nicht fehlerfrei. Eine Vergleichung unserer Kurven mit solchen, die vom Herzen des lebenden Thieres stammen, und die, wie ich anführen kann, mit Hilfe der gleichen

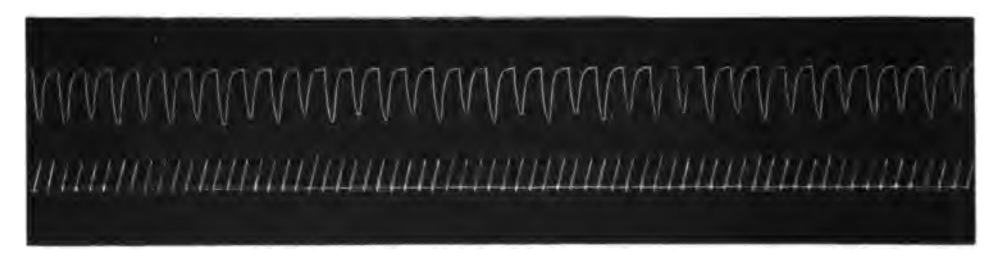


Fig. 8. Kaninchenherz mit Hammelblut gespeist.

Schreibmethode leicht erhalten werden können, dürfte manches wichtige Ergebniss liefern.

In Fig. 8 theile ich noch die Kurve eines sehr langsam schlagenden Kaninchenherzens mit, das mit Hammelblut gespeist wurde und anfänglich ganz regelmässig und kräftig pulsirte.

Diese Aufzeichnung liefert zugleich ein Beispiel für das Auf-

treten eines Pulsus alternans; ich habe einen solchen und zwar zuweilen noch ausgesprochener, auch an anderen Herzen gelegentlich beobachtet.

Mittheilung einiger Beobachtungen und Versuche am isolirten Herzen.

Die Untersuchungen von Ludwig und Schmidt und zahlreiche spätere, zum grössten Theil aus dem Ludwig'schen Laboratorium hervorgegangene Arbeiten (Schmulewitsch, Mosso, Heger, Asp u. A.) haben gezeigt, dass es gelingt, Muskeln und Drüsen getödteter Warmblüter durch Hindurchleiten arteriellen Blutes lange Zeit lebend und funktionstüchtig zu erhalten. Für nervöse Apparate und für solche Organe des warmblütigen Thieres, deren Thätigkeit verbreiteten Annahmen zufolge in ihnen selbst gelegene nervöse Elemente unterhalten, liegen ähnliche Beobachtungen nicht vor. War es auch nach den an anderen Muskeln gesammelten Erfahrungen wahrscheinlich, dass es gelingen würde, den todten oder dem Tode nahen Herzmuskel durch Blutspeisung wieder erregbar zu machen und zu erhalten, so musste es doch zweifelhaft sein, ob auch die von so Vielen als Centren der Herzbewegung betrachteten Nervenzellen des Herzens einer solchen Behandlung zugänglich, besonders aber nach dem Erlöschen ihrer Thätigkeit wiederbelebungsfähig sein würden, ob es also gelingen würde, dem allem Anschein nach todten Herzen seine automatische Thätigkeit wieder zu geben.

Die eigene Erfahrung hatte mir freilich gezeigt, dass das labilste aller thierischen Gewebe, das der grauen Substanz, unter der Blutsperrung zwar schnell leidet, aber doch in dem Maasse einer Regeneration fähig ist, dass die eine Viertelstunde lang und länger erstickten Centralapparate des Kopfmarkes und des Gehirns wenigstens vorübergehend ihre Funktion wiedergewinnen können, wenn wieder arterielles Blut durch sie hindurchgeleitet wird (6).

Für das Warmblüterherz ist nun durch die vorliegende Untersuchung der Nachweis geliefert, dass man auch sein anscheinend erloschenes Leben zurückzurufen und seine Leistungsfähigkeit zum mindesten mehrere Stunden lang zu erhalten vermag. —

Ein besonderes Interesse dürfte dabei der Umstand haben, dass die Speisung der Koronargefässe mit Blut genügt, um das Herz in völlig normaler Weise, mit regelmässigem Rhythmus und der gewöhnlichen Abwechselung in der Thätigkeit seiner einzelnen Abschnitte, schlagen zu sehen. Denn dadurch wird der alten, noch immer Anhänger findenden Theorie der Herzthätigkeit, die gewöhnlich Haller's Namen trägt, aber, wie er selbst (7) angiebt, in der That noch älter ist, ein für alle Male der Boden entzogen. Haller meinte bekanntlich, dass das Blut, das in die Herzhöhlen hineingelangt, den Erreger des Herzens abgäbe. Dass diese Lehre auch heute noch nicht verlassen ist, zeigt u. a. das neue Lehrbuch der Physiologie von Bernstein (8), der sich entschieden zu ihr zu bekennen scheint.

Die von mir mitgetheilten Beobachtungen beweisen, was sich am Froschherzen wegen der eigenthümlichen Blutversorgung desselben nicht beweisen lässt, dass das Herz zur Unterhaltung seiner Thätigkeit der Füllung seiner Hohlräume mit Blut keineswegs bedarf; denn unter den von mir benutzten Versuchsbedingungen sind die Herzhöhlen blutfrei. Das in ihnen strömende Blut kann also nicht der Erreger der Herzthätigkeit sein. Nur in den rechten Vorhof gelangt vorübergehend das aus den Kranzvenen abfliessende Blut. Dass aber auch dieser Umstand ohne Bedeutung ist, lehrt die von mir gemachte Erfahrung, dass auch die möglichst vollständige Abtragung der Wand des rechten Atriums, wobei also das Koronarblut frei aus den eröffneten Venen abfliesst, die Funktion des durchspülten Herzens unbeeinträchtigt lässt. Wollte man jetzt noch daran festhalten, das Blut als erregende Flüssigkeit anzusehen, so könnte man diese Bedeutung nur noch dem in den Kranzgefässen kreisenden Blute zuschreiben. Damit wäre die Haller'sche Doktrin beseitigt, die für den neueren Naturforscher wenigstens den Vorzug besass, dass sie der sich so vielfach bewährenden Erfahrung Rechnung trug, die Pflüger unter dem Namen des teleologischen Grundgesetzes zusammengefasst hat.

Die Annahme aber, das Blut der Koronargefässe bilde den Herzerreger, hat gerade so wenig für sich, wie der freilich noch vielfach gelehrte Satz, dass das Athemcentrum durch den „Blutreiz" zur Thätigkeit veranlasst werde.

Weit wahrscheinlicher ist mir doch, dass für diejenigen Ele-

mente, von denen der Antrieb zur Herzthätigkeit ausgeht, das Blut nicht den Erreger, sondern nur den Ernährer darstellt, und dass die Herzreize in Wahrheit innere, autochthone sind, d. h. in den erregbaren Gebilden, muthmaasslich in den Herzganglien, selbst entstehen.

Ich gehe nunmehr dazu über, einige mit Hilfe des neuen Versuchsobjektes ausgeführte Beobachtungen und Versuchsreihen zu besprechen. Dabei ist es, wie ich ausdrücklich bemerken möchte, nicht meine Absicht, die hier angeregten Fragen erschöpfend zu behandeln, sondern ich will nur zeigen, was die Methode leisten kann. Dass dabei auch einige neue Gesichtspunkte eröffnet und einige neue Ergebnisse gewonnen worden sind, möge ihr zum Verdienst angerechnet werden. Von ihrer zukünftigen Anwendung hoffe ich weit Grösseres.

1. Herztöne.

Das künstlich gespeiste Herz zeigt bei der Auskultation einen einzigen deutlichen Herzton, der mit der Systole der Kammern zusammenfällt. Da das Spiel der Semilunarklappen fortfällt, fehlt natürlich der diastolische Ton.

Um den nach Ludwig und Dogiel u. A. wesentlich als Muskelgeräusch aufzufassenden ersten Ton zu hören, setzte ich ein einfaches Schlauchstethoskop auf die Wand des linken Ventrikels auf. Dasselbe bestand aus einem sehr kleinen Glastrichter, der mit einem an seinem Ende mit einem kurzen Glasröhrchen versehenen Gummischlauch verbunden war. Das Glasröhrchen wurde in den Gehörgang gesteckt. Um nicht durch Druckschwankungen getäuscht zu werden, schaltete ich zwischen Trichter und Schlauch ein kleines Gabelrohr ein, dessen einer Schenkel frei in die Luft mündete. Beim festen Aufsetzen des Trichters auf die linke Kammerwand hört man dann einen deutlichen systolischen geräuschähnlichen Ton, der einen anderen Ursprung als einen muskulären kaum haben kann.

2. Vagusreizung.

Zum Zwecke der Reizung des N. vagus konnte am oberen Rande des das Herz aufnehmenden Behälters ein kleiner, beinerner

Elektrodenhalter befestigt werden, der zwei hakenförmig umgebogene, mit Leitungsdrähten verbundene Platinelektroden trug.

Der eine Vagus wurde vor der Präparation des Herzens freigelegt, mit einem Faden versehen und ein Stück weit nach dem Herzen hin isolirt. Nach Einbindung der Kanüle in das Herz wird dieses sammt dem Vagus und, abweichend von dem sonstigen Verfahren, am besten auch mit den Lungen herausgenommen, und diese letzteren erst nachträglich grösstentheils abgetrennt. Man sichert sich so am einfachsten vor einer Verletzung der distalen Theile des Nerven.

Ist das Herz am Apparat befestigt und ist es zu regelmässiger Thätigkeit gelangt, so legt man den Vagus auf die Elektroden, die vorher unter Einschaltung eines Schlüssels mit dem Schlittenapparat in Verbindung gebracht worden sind.

Der Erfolg der Tetanisirung ist meistens ein ganz vollkommener. Ich gebe drei Beispiele (Fig. 9 und Fig. 10), die zwei verschiedenen Versuchen entstammen. In Fig. 9 dauert der erste Stillstand des Herzens fast genau 4 Sekunden. In Fig. 10 wird der Nerv zweimal gereizt. Auch hier ist der Erfolg jedesmal deutlich.

In einigen Fällen hat mir der Vagus versagt. Vielleicht war hier bei der Präparation ein Fehler gemacht worden; vielleicht lag der Grund des Versagens darin, dass der Nerv nicht warm genug gehalten worden war. Howell (9) hat nämlich neuerdings darauf hingewiesen, dass der Vagus zu denjenigen Nerven gehört, die sehr empfindlich gegen Abkühlung sind; er hat gefunden, dass die Wirkung auf das Herz beim Kaninchenvagus bereits durch Temperaturen von 15° aufgehoben wird.

3. Giftwirkungen.

Ich glaube, dass die hier geschilderte Methode der Untersuchung am überlebenden Warmblüterherzen sich auch für toxikologische Versuche fruchtbar zeigen wird. Alle Beobachtungen, die man in dieser Beziehung bisher am künstlich gespeisten Froschherzen ausgeführt hat, kann man ohne grössere Schwierigkeit nunmehr auch am Herzen des Säugethieres unternehmen. Ich selbst habe mich begnügt, drei der bekanntesten Herzgifte auf ihre Wirksamkeit zu prüfen, das Muscarin, das Atropin und die Kalisalze.

Die Einführung von Giften könnte so geschehen, dass man die oben erwähnte zweite Versuchsanordnung benützt, bei der zwei Blutflaschen abwechselnd zur Verwendung kommen. Die

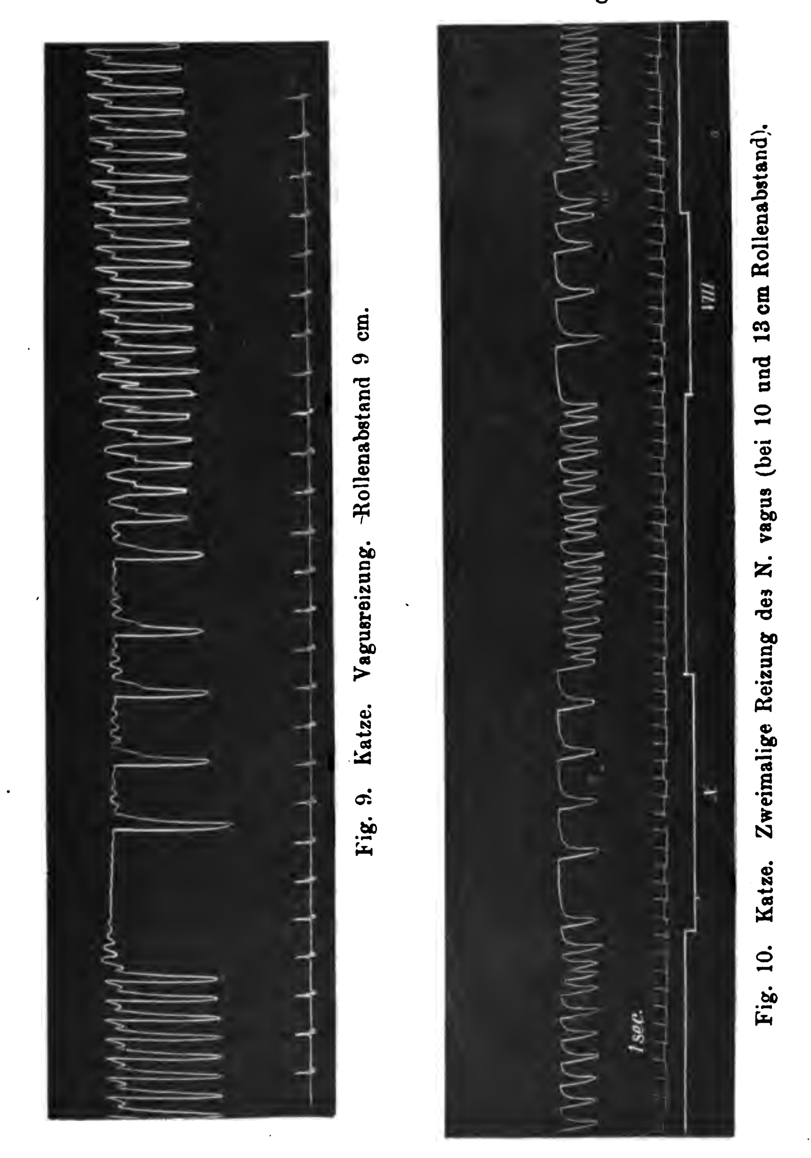


Fig. 9. Katze. Vagusreizung. Rollenabstand 9 cm.

Fig. 10. Katze. Zweimalige Reizung des N. vagus (bei 10 und 13 cm Rollenabstand).

eine könnte mit normalem, die andere mit vergiftetem Blut gefüllt werden. Natürlich reicht man dann mit dem Blut einer einzigen Katze nicht aus. Ich zog es vor, ein anderes Verfahren

einzuschlagen, bei welchem das Gift nur ganz kurze Zeit auf das Herz einwirkt und sein Einfluss demgemäss sich in der Weise geltend macht, wie etwa die nur Bruchtheile einer Minute dauernde Reizung eines Nerven. Der Vergiftung folgt hier die Entgiftung auf dem Fusse. Zu diesem Zwecke stand an Stelle der oben beschriebenen Injektionskanüle mit dem Herzen eine weite T-Röhre in Verbindung, in deren obersten Schenkel eine enge, lange, bis in die Aorta hineinreichende und mit Hahnverschluss versehene Spritzenkanüle dicht eingefügt war. Wurde mit dieser eine mit der zu untersuchenden Lösung gefüllte Pravaz'sche Spritze verbunden, so konnte man bei Oeffnung des sonst geschlossenen Kanülenhahns durch leichten Druck auf den Spritzenstempel dem Blutstrome das Gift so beimengen, dass es fast unmittelbar in die Herzgefässe gelangen musste.

Natürlich spült der nachfolgende giftfreie Blutstrom das Gift wieder aus; die Dauer der Vergiftung ist aber hinreichend lang, um ihre Wirkungen auf das deutlichste erkennen zu lassen.

Für eingehendere toxikologische Untersuchungen wird sich vielleicht die ersterwähnte Methode mehr empfehlen.

Die Wirkungen des Muscarins bestehen bekanntlich darin, dass das Herz durch peripherische Vagusreizung zum diastolischen Stillstand oder wenigstens zur Verlangsamung seiner Pulsationen gebracht wird, und dass gleichzeitig auch der Herzmuskel eine Verminderung seiner Schlagenergie erfährt. Beides ist an der hier mitzutheilenden Aufzeichnung deutlich zu erkennen. In Fig. 1 Taf. IX ist *a* die normale Herzkurve (Katzenherz), bei *b* wird Muscarin eingespritzt; noch bevor die Schlagzahl sich ändert, verflacht sich die Kurve, endlich tritt ein über 4 Sec. langer Stillstand auf, dem dann eine Anzahl kürzerer Stillstände folgen; bei *c* ist ein etwas späteres Stadium dargestellt; Frequenz und Stärke der Herzschläge sind anfangs noch gering, die letztere fängt aber an, sich allmählich zu bessern: die Entgiftung beginnt. Wer die ganze Aufzeichnung sähe, ohne zu wissen, um was es sich handelt, würde glauben, den Erfolg einer Vagusreizung vor sich zu haben.

In prägnantester Weise macht sich in diesem Stadium der Muscarinwirkung der antagonistische Erfolg des Atropins geltend. Frequenz und Energie der Herzschläge nehmen fast unmittelbar nach geschehener Injektion zu, letztere so bedeutend,

dass die Stärke der Pulse grösser wird, als sie vordem je gewesen war. Der Abschnitt *d* unserer Aufzeichnung (Fig. 1, Taf. IX) giebt davon ein schönes Bild.

Reizt man in der Zeit, in welcher das Herz noch unter der Wirkung des Atropins steht, den Vagus, so versagt seine Wirkung nicht nur bei früher wirksam gewesenen, sondern auch bei noch weit höheren Stromstärken.

Um den Einfluss der Kalivergiftung zu untersuchen — es geschah dies nur in zwei Fällen — wurde eine Normallösung von Kaliumchlorid (7,4 %) benutzt. Die Einspritzung einer geringen Menge des Salzes genügte, um Herzstillstand herbeizuführen, aus dem das Herz nicht mehr erwachte. Die starke Giftlösung hatte es momentan getödtet.

4. Temperatureinflüsse.

In unverkennbarer Weise macht sich auch am Warmblüterherzen der Einfluss der Temperatur geltend. Bisher fehlen meines Wissens noch Untersuchungen über diesen Gegenstand [1]; die bisherigen Arbeiten haben nur das Herz des Kaltblüters berücksichtigt. Mir haben schon einige frühere Beobachtungen am lebenden Thier gezeigt, dass hier die Dinge ziemlich verwickelt liegen. Die Möglichkeit, diese Einflüsse am isolirten Herzen zu untersuchen, vereinfacht die Versuchsbedingungen erheblich. Ich bin bisher über ein sozusagen qualitatives Studium nicht hinausgekommen; ich behalte mir vor, später eingehendere Untersuchungen anzustellen.

Zur Aenderung der Temperatur dient einfach die Erwärmung oder Abkühlung des speisenden Blutes. Das Herz wird dabei, wenigstens wenn es abgekühlt werden soll, ausserhalb der Wärmekammer aufgehängt. Zur Blutspeisung wird bei solchen Versuchen das oben erwähnte Doppelflaschensystem gebraucht; das Blut der einen Flasche wird in gewöhnlicher Weise gewärmt, das der andern bleibt zimmerwarm oder wird sogar mit Eis gekühlt. Die Temperatur der Speisungsflüssigkeit wird unmittelbar vor dem Herzen gemessen. Zu diesem Zwecke ist in den Hohlraum der hier benutzten speziellen Kanüle durch einen Seitenast derselben ein sehr feines Thermometer eingefügt, dessen Spindel also vom Blutstrom umspült wird. Ein weiteres Seitenrohr, das

1) Vgl. den Zusatz Seite 327.

für gewöhnlich zugestöpselt bleibt, erlaubt, das in der Schlauchleitung enthaltene Blut schnell ausfliessen zu lassen, so dass, wenn die Flaschen gewechselt werden, der Wechsel sich auch in der Leitung rasch vollzieht. Allzu energische Temperaturänderungen sind übrigens zu vermeiden; ich sah wiederholt gut pulsirende Herzen bei schneller Abwechselung sehr distanter Temperaturen ins „Wogen" gerathen, sei es, dass das warme Blut durch kaltes oder das abgekühlte durch erwärmtes ersetzt wurde.

Der Einfluss der Temperatur macht sich ähnlich wie beim Froschherzen in der Weise geltend, dass das Herz in der Wärme schneller schlägt, als in der Kälte. Die nebenstehenden Zeichnungen (Fig. 11 und Fig. 12) mögen das illustriren: bei a) in Fig. 11

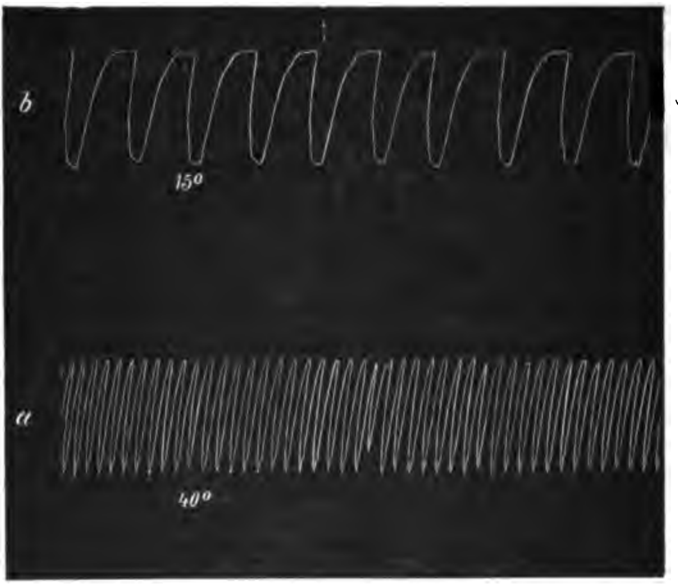


Fig. 11. Katzenherz. Temperatur des durchgeleiteten Blutes in a 40° C., in b 15° C.

war das Speisungsblut auf etwa 40° C. erwärmt, bei b) auf 15° C. abgekühlt. (Die Trommelgeschwindigkeit ist in beiden Fällen dieselbe gewesen.) Man erkennt, dass auf eine Zusammenziehung des kalten etwa 4 des warmen Herzens kommen.

In Fig. 12 sind drei verschiedene Temperaturen (20—21° C., 25° C. und 34.8° C.) verwendet. Bei der niedrigsten erfolgen 5 Systolen in 4 Sekunden, bei der mittleren in 3, bei der höchsten in weniger als 2 Sekunden.

Zugleich werden hier erhebliche Unterschiede in der Kontraktionsgrösse merklich. Im allgemeinen scheint diese, wie das auch die Figur anzeigt, mit zunehmender Wärme des durch-

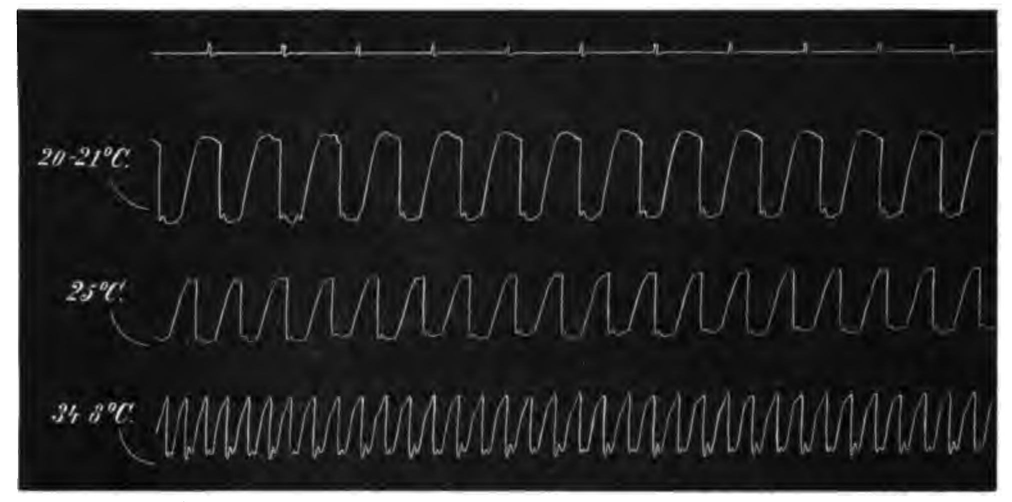


Fig. 12. Katzenherz. Einfluss der Temperatur des strömenden Blutes.

strömenden Blutes abzunehmen. Doch dürfte dies nur für bestimmte Temperaturgrenzen gelten; ich glaube, dass gerade in dieser Richtung weitere Beobachtungen nothwendig sind. (Nebenbei sei bemerkt, dass auch für das Kaltblüterherz bezüglich der Kontraktionsstärke die Sache nicht so einfach liegt, wie vielfach angenommen wird. Der Satz, dass das kalte Herz langsamer aber stärker pulsire, als das warme, gilt sicher nur unter gewissen Voraussetzungen.)

Sinkt die Temperatur der Speisungsflüssigkeit noch mehr, als in dem angeführten Versuchsbeispiel, so wird die Frequenz



Fig. 13. Katzenherz. Temperatur des Blutes 11° C.

des Herzens ungemein gering und oft zugleich so unregelmässig, dass von einer genaueren Angabe der Schlagzahl abgesehen wer-

den muss. Die Einzelkontraktion verläuft hier äusserst langsam; die Dauer einer solchen kann 5 Sekunden und mehr betragen; die Herzpause kann 20 Sek. und länger dauern. Fig. 13 ist von einem Herzen gezeichnet, das bei 11° C. durchströmt wurde; die Länge der Herzpause ist hier sehr auffällig. In Fig. 14 ist eine sehr träge Zusammenziehung dargestellt, die bei 8,8° C. aufgeschrieben wurde.

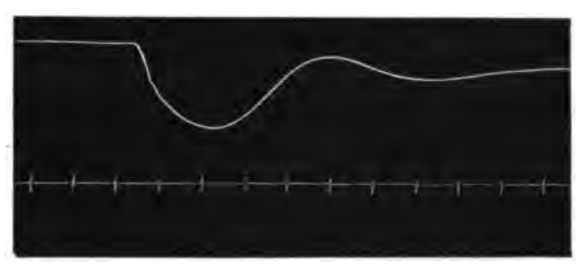


Fig. 14. Katzenherz. Durchspülung mit kaltem (8,8° C.) Blut.

Zugleich tritt nicht selten eine Neigung zu tetanoiden Kontraktionen auf, s. Fig. 15 (bei 11° C. gezeichnet), die ich auch beim stark abgekühlten Froschherzen gesehen habe.



Fig. 15. Katzenherz. Temperatur des Blutes 11° C.

5. Elektrische Reizung.

Zur elektrischen Reizung des Herzens dient derselbe Elektrodenhalter, wie zur Vagusreizung. Die steifen Platinelektroden sind aber jetzt durch zwei äusserst dünne schmale Blechstreifchen ersetzt (aus sog. Rauschgold), die sich leicht der Oberfläche des Herzens anlegen lassen und sofort ankleben; die Bewegung des Herzens wird durch diese zarten Lamellen nicht im mindesten beeinflusst.

a) Einzelreize.

Es galt hier, die bekannten Versuche von Marey (10) u. A. über die refraktäre Phase und die kompensatorische Pause des interkurrent gereizten schlagenden Herzens zu wieder-

holen. Es liegen bereits Versuche von Gley (11) vor, die für das Warmblüterherz die von Marey für das Herz des Frosches festgestellten Gesetze bestätigt haben. Diese sind aber am Herzen des lebenden Thieres angestellt. Weit reiner lassen sie sich am isolirten überlebenden Herzen ausführen. Das wichtigste Ergebniss meiner Versuche ist, dass sich das Säugethierherz genau wie das Froschherz verhält. Das gilt erstens bezüglich der Refraktärphase: Das Herz ist während der Systole unerregbar durch Induktionsschläge, die während der Diastole sicher Extrazusammenziehungen herbeiführen. Auch die Stärke der letzteren ist, wie beim Froschherzen, verschieden, je nachdem in einem früheren oder späteren Stadium der Diastole der Reiz einbricht. Die nebenstehende Figur 16 erläutert das Gesagte. Zur Reizung

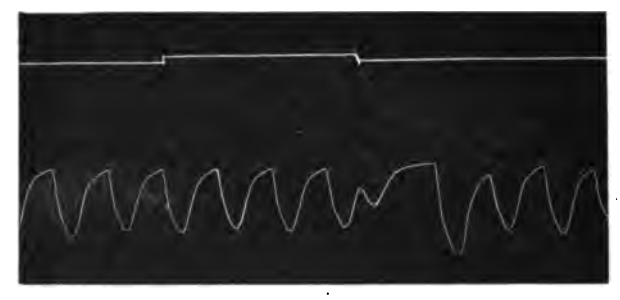


Fig. 16. Katze. Zwei Induktionsvorschläge wirken auf das Herz, der eine im Anfang einer Systole, der andere in der Diastole.

dienten hier 2 starke Induktionsschläge (s. die Reizmarken); dass der eine ein Schliessungs-, der andere ein Oeffnungsschlag war, kommt bei ihrer grossen Intensität (Rollenabstand 50 mm) nicht in Betracht. Der erste Schlag fällt in den Beginn der Systole und ist deshalb unwirksam, der zweite, der mitten in die Diastole fällt, hat eine Extrazuckung zur Folge. Man erkennt weiter die sog. kompensatorische Pause, und ferner auch die beträchtliche Verstärkung, welche die dieser Pause zunächst folgende Zusammenziehung zeigt. Auf diese auch beim Froschherzen sich findende Erscheinung habe ich (12) zuerst aufmerksam gemacht. Sie hat bisher wenig Beachtung gefunden, ist aber, wie ich jetzt sehe, von grösster Bedeutung. Diese Verstärkung wechselt nämlich in ihrer Grösse je nach der Grösse der vorangegangenen Extrakontraktion, so zwar, dass sie zu dieser im umgekehrten Verhältniss steht. Ich gedenke später bei an-

derer Gelegenheit auf diese Sache zurückzukommen, möchte aber nicht unterlassen, schon hier eine Aufzeichnung mitzutheilen (Fig. 2, Taf. IX), die das Gesagte erläutert. Man sieht hier auf das Unzweifelhafteste: je kleiner die Extrazuckung, desto grösser fällt die erste Zuckung nach der Pause aus. Die Bedeutung dieses Verhaltens liegt meines Erachtens darin, dass auch die Pulsverstärkung eine Kompensation darstellt. Dass trotz der intercurrenten Reizung der Rhythmus gewahrt wird, dafür sorgt die kompensatorische Pause: Marey's „tendance du coeur à conserver son rhythme", mit der das von Engelmann (13) gefundene „Gesetz der Erhaltung der physiologischen Reizperiode" zusammenhängt. Damit aber trotz der intercurrenten Reizung auch die Arbeit des Herzens dieselbe bleibe, dazu muss ausser der Kompensation des Rhythmus auch eine Kompensation der Kontraktionsgrösse kommen. Die Extrazuckung ist, besonders wenn der Reiz in eine frühe Zeit der Diastole fällt, kleiner als eine Normalzusammenziehung; soll das, was der Herzmuskel in einer gegebenen Zeit an Spannkräften ausgiebt, von unveränderlicher Grösse sein, so muss diese verfrühte aber verkleinerte Extrazuckung durch eine verspätete aber verstärkte Spontankontraktion kompensirt werden, und je kleiner die erstere war, desto grösser wird die letztere ausfallen müssen.

Das hier sich darstellende Gesetz könnte man als das Gesetz der Erhaltung der Zuckungsstärke bezeichnen. Zusammen mit dem Marey-Engelmann'schen Gesetze enthüllt es eine der überraschendsten Eigenthümlichkeiten des Herzens, die darin sich ausspricht, dass das Herz in gleichen Zeiten gleiche Energiemengen ausgibt. Erst hierfür ist der von Marey antecipirte Ausdruck: Gesetz der Erhaltung der Arbeit des Herzens anzuwenden.

b) Tetanisirung des Herzens.

Stärkere elektrische Reizung des Herzens mit tetanisirenden Strömen führt, wie beim lebenden Thiere, sofort zum „Wogen". (S. Fig. 17.) Das Wogen kann nach Aufhören der Reizung (bei Katze und Kaninchen, nicht beim Hunde) spontan wieder schwinden; ist der Reiz aber stark gewesen, so dauert es in der Regel bei allen

Herzen an. Das ist auch dann der Fall, wenn die Tetanisirung nur ganz kurze Zeit, weniger als eine Sekunde gewährt hat. Ich habe in verschiedenen Fällen sehen wollen, wie lange das Wogen dauern kann, und setzte daher nach seinem Auftreten die Durch-



Fig. 17. Katze. Wogen durch Tetanisirung. r bezeichnet den Beginn der Reizung.

blutung des Herzens wie früher fort. Dabei zeigte sich, dass die Dauer eine geradezu unbegrenzte ist; wenigstens sah ich das Wogen mehrere Male gegen zwei Stunden lang mit unveränderter Stärke persistiren. Das ist sehr bemerkenswerth, da die Reizung ja eine ganz vorübergehende gewesen war. Die Nervenzellen von denen die Koordination der Herzmuskelfasern abzuhängen scheint (vgl. Aubert und Dehn (4) sowie Kronecker und Schmey (5)), und deren normales Zusammenwirken durch den Reiz in Unordnung gebracht wird, müssen entweder die einmal empfangene Erregung stundenlang festhalten können, oder sie sind nicht im Stande, einmal in Unordnung gerathen, wieder von selbst in ihre alte geordnete Thätigkeit einzutreten.

Doch gibt es ein Mittel, das elektrische Wogen (und auch das anscheinend spontan oder nach anderen Eingriffen entstandene) zu beseitigen. Wenn dieses Mittel auch nicht immer hilft, so hilft es doch meistens; selbst beim Hundeherzen, dessen Wogen für irreparabel gilt, gelang es mir einmal, wieder normales Schlagen herbeizuführen. Das Mittel besteht darin, dass man den Blutstrom so lange unterbricht, bis das Herz erstickt. Dazu sind beim Katzenherzen etwa 10 Minuten nöthig. Man sieht nach dem Aussetzen der Durchblutung anfangs das Wogen sich merklich verstärken. Ich möchte das für die Folge der jetzt wegen des fehlenden Blutdruckes in den Herzgefässen schlafferen Beschaffenheit des Herzmuskels halten; denn je schlaffer ein Herztheil (Atrien, rechte Kammer), desto deutlicher macht sich in ihnen immer das Wogen bemerklich. Allmählich wird dann die wühlende Bewegung schwächer, nicht ohne dass von Zeit zu Zeit ohne ersichtlichen Grund wieder leichte vorübergehende Verstärkungen entstehen. Endlich erlischt sie; es tritt völlige Ruhe ein, die aber

nur kurze Zeit dauert und einer Anzahl von regulären Pulsen Platz macht. Rapide nehmen diese an Stärke ab. Jetzt ist es Zeit den Blutstrom wieder freizugeben. Das Herz wird jetzt aufs Neue regelmässig und bald wieder kräftig pulsiren.

Ich habe dieses Verhalten so oft beobachtet, dass ich es für das reguläre halten möchte. In anderen Fällen sah ich die späteren Pulse fehlen, konnte aber doch das anscheinend völlig erstickte Herz wieder beleben.

Dass ein in Wogen gerathenes und weiter durchblutetes Herz nach längerer Frist spontan sein Wogen aufgibt und wieder pulsirt, gehört zu den Seltenheiten.

6. Blutsperrung[1]).

Es lag nahe, die neue Versuchsmethode zur Entscheidung einer Frage zu benützen, die gerade in letzter Zeit von klinischer und physiologischer Seite vielfach erörtert worden ist.

Bekanntlich hat zuerst v. Bezold (14) angegeben, dass Verschliessung einer der Kranzarterien oder eines grösseren Astes derselben beim Kaninchenherzen die Ventrikelbewegungen anfangs unregelmässig macht, bald in peristaltische, schliesslich regellos flimmernde oder wühlende verwandelt und endlich Herzstillstand herbeiführt. Diese Versuche haben zahlreichen weiteren Experimenten zum Ausgang gedient; ich erwähne Samuelson, der unter Grünhagen's Leitung sie im wesentlichen bestätigte, ferner vor Allem die für die Pathologie maassgebend gewordene Untersuchung von Cohnheim und v. Schulthess-Rechberg (16), die am Hunde ähnliches beobachteten, wenn sie einen der grossen Koronararterienäste zuklemmten. Schon in der zweiten Minute nach der Absperrung sahen sie nach Voraufgang unregelmässiger Pulsationen das Herz plötzlich stillstehen, den Blutdruck auf Null sinken; dann folgte Wühlen der Muskulatur. Das stillstehende oder wogende Herz liess sich niemals wiederbeleben. Andere, wie Fenoglio und Drogoul (17), haben freilich abweichende Angaben gemacht, denen zufolge

1) Ueber diesen Theil der Versuche habe ich bereits am 25. Febr. c. der hiesigen Naturforschenden Gesellschaft berichtet. S. Rostocker Zeitung 1895. No. 151.

auch beim Hunde der Erfolg des Kranzarterienverschlusses keineswegs immer dem von Cohnheim und v. Schulthess-Rechberg geschilderten Bilde entspricht; und sie wie Newell Martin und Sedgwick (18) haben auf die Möglichkeit hingewiesen, dass mit der Ligatur der Kranzgefässe verbundene mechanische Alterationen benachbarter Theile Schuld an den beobachteten Störungen sein könnten. Diese Auffassung vertraten auch v. Frey (19) und Tigerstedt (20), letzterer auf Grund seiner bekannten, neuerdings auch am Hunde ausgeführten Versuche über Abklemmung der Vorhöfe. Endlich hat auch T. Porter (21) Hunde nach Unterbindung grösserer Kranzaderäste zuweilen lange am Leben erhalten können.

Im Gegensatz zu diesen abweichenden Experimenten und Deutungen schliesst sich Michaelis (22), der auf Veranlassung von Leyden und unter der Leitung von Gad die Versuche wieder aufgenommen hat, bezüglich des Hundeherzens den Angaben Cohnheim's vollständig an: „Folge der Kranzarterienligatur am Hundeherzen, so sagt er, ist ... ein in der Regel nach etwa 2 Minuten eintretender plötzlicher Herzstillstand, der irreparabel ist.“ Michaelis läugnet die Wirksamkeit accessorischer Schädlichkeiten und findet, dass das Kaninchenherz von dem des Hundes sich dem gleichen Eingriff gegenüber dadurch unterscheidet, dass bei ihm der Herzstillstand, den der Kranzgefässverschluss herbeigeführt hat, durch Massage beseitigt werden und normaler Herzthätigkeit Platz machen kann, während der Stillstand des Hundeherzens irreparabel ist[1]).

An unserem Präparate war Gelegenheit gegeben, die Streitfrage zu entscheiden. Hier war es möglich, die Blutspeisung des Herzmuskels zu unterbrechen, ohne am Herzen zu rühren. War in den Bezold'schen etc. Versuchen das Wogen und der rapide, beim Hunde nicht wieder weichende Stillstand des Herzens eine Folge der Blutsperrung, so mussten auch am isolirten überlebenden Herzen ähnliche Erscheinungen eintreten; wären

1) Michaelis bezeichnet das Wühlen und Wogen des Herzens als Delirium cordis. Dies scheint mir unzulässig zu sein, da diese Bezeichnung bereits für gewisse Störungen des Herzrhythmus vergeben ist, während wir es beim Wogen mit einer Koordinationsstörung zu thun haben.

diese eine Folge von Nebenverletzungen, so mussten sie fehlen.

Die Antwort nun, die der Versuch gibt, hat bei allen den zahlreichen Herzen von Kaninchen, Katzen und Hunden, die ich darauf untersucht habe, *ausnahmslos* gelautet: *die Blutsperrung bewirkt niemals Wogen; der erst spät und allmählich eintretende Herzstillstand lässt sich durch neue Blutzufuhr immer beseitigen.* Was man bei Versuchen dieser Art sieht, das ist folgendes: Nach Aufhebung des Blutzuflusses verlangsamen und verkleinern sich die Herzpulse successive. Dabei bleiben sie ganz regelmässig und geordnet. Noch 5 Minuten und später nach geschehener Sperrung kann ein schwacher aber regelmässiger Kammerpuls vorhanden sein. Schliesslich stehen die Kammern still. In allen Fällen war es aber möglich, die gesunkene, ja die noch nicht allzulange erloschene Herzthätigkeit *durch Erneuerung der Blutzufuhr wiederzubeleben*; das ist mir beim Kaninchen- wie beim Hundeherzen nach mehr als 10 Minuten nach Aufhebung der Blutzufuhr gelungen.

Als Beispiele mögen die Aufzeichnungen Figg. 3, 4 und 5, Taf. IX dienen. Fig. 3, Taf. IX stammt von *Katzenherzen*; die Sperrung dauerte nur wenig über 4 Minuten (von $<$ bis $>$; jeder Punkt einer jeden Kurvenreihe liegt etwa 50 Sek. später als der gerade darunter gelegene Punkt der nächst tieferen). Die Wiederaufnahme der Blutspeisung bei Reihe 6 hat ein allmähliches Zunehmen der Pulse zur Folge; schon nach 1 Minute sind sie wieder ganz so gross und fast ebenso frequent wie vor der Klemmung.

Die Blutsperrung beim *Hundeherzen*, die Fig. 4, Taf. IX vorführt, dauerte weit länger. Der Beginn derselben ist durch das Zeichen $<$ bemerkt. Die Kurvenreihen sind, wie im vorigen Falle, von unten nach oben gezeichnet, so zwar, dass in *A* 1—7 jede Reihe um fast genau 100 Sekunden von der nächstfolgenden differirt. Beim Zeichen + hat die Absperrung 10 Minuten gedauert. Noch sind aber die allmählich immer schwächer und langsamer gewordenen Pulsationen keineswegs erloschen; sie sind zwar sehr schwach, aber noch ganz regelmässig (22—23 p. Min. gegen 65—66 p. Min. vor der Sperre). Die Klemmung wird noch über 1 Minute lang fortgesetzt; dann wird der Strom freigegeben,

und sehr bald sieht man die Pulse sich wieder kräftigen. Schon nach 1 Minute sind starke Kontraktionen zurückgekehrt; die Reihe *B* beginnt mit der 100. Sekunde nach Wiederlösung der Stromsperre. Die Frequenz beträgt jetzt 90 in der Minute.

Also auch hier trotz der langen Sperrung und obwohl gerade das Herz des Hundes so überaus empfindlich gegen die Absperrung seines Blutstroms sein soll, — keine Spur von Wogen und Wühlen, sondern ein langsamer Erstickungstod mit allmählich abnehmender Frequenz und Stärke des Herzschlages. Und dann fast sofortige Wiederbelebung nach Wiederherstellen des Stromes, während doch nach der Aussage verschiedener Beobachter gerade das Hundeherz durch die Blutsperre irreparablen Schaden erleiden soll.

Auch Fig. 5 Taf. IX stellt einen Absperrungsversuch am Katzenherzen dar. Auch hier dauert die Sperre etwas mehr als 4 Minuten (243 Sekunden); die Pulse sind schon sehr schwach geworden, als bei > (Reihe 4) der Blutstrom wieder zugelassen wird; aber schon vor Ablauf der ersten Minute sind sie wieder kräftig; die Kurve 5 bricht ab, ehe die volle Stärke wieder erreicht ist.

Endlich sei auch aus einem Versuche am Kaninchenherzen ein Stück der Aufzeichnung mitgetheilt (s. beistehende Fig. 18). Die Blutsperre dauerte hier genau 5 Minuten, die Kurve



Fig. 18. Kaninchen. Ende einer genau 5 Minuten dauernden Strompause.

stellt das Ende der 5. Minute dar. Auch hier, wie in allen andern Fällen hat sich das Herz nach Wiedereinleiten des Blutstromes wieder erholt.

Es sei noch angeführt, dass ein Herz, ohne merklich darunter zu leiden, sogar mehrmals wiederholte Absperrungen verträgt. Das gilt ebenfalls für Kaninchen, Katzen und Hunde. Das Hundeherz, an dem der in Fig. 4 Taf. IX dargestellte Versuch angestellt worden war, wurde später etwa 15 Minuten lang seines Blutstroms beraubt und kehrte trotzdem zur Norm zurück. —

Diese meine Ergebnisse stehen in vollständigem Einklang mit der Meinung Derjenigen, die wie v. Frey, Tigerstedt u. A. den dauernd schädigenden Einfluss der vorübergehenden Aufhebung der Blutzufuhr zum Herzmuskel läugnen, und den Grund für die von v. Bezold, Cohnheim u. s. w. erhaltenen Resultate auf Nebenverletzungen beziehen. In dieser Beziehung ist es wichtig, dass es mir in einem Falle, am isolirten Kaninchenherzen, bei dem die Blutsperrung genau wie in den übrigen Fällen gewirkt und keineswegs Wogen herbeigeführt hatte, gelang, durch Zuklemmung der linken Art. coronaria Wogen herbeizuführen. Unmöglich konnte an diesem die mit der Abklemmung verbundene Aufhebung der Blutzufuhr Schuld haben.

Auch andere mechanische Einwirkungen auf das Herz können zum Wogen führen. Viele Herzen sind allerdings sehr resistent; aber bei manchen genügt ein geringes Pressen zwischen den Fingern, bei anderen die etwas gewaltsame Einführung eines Metallhäkchens in die Herzspitze, um sofort das Wühlen zu erzeugen. Vielleicht ist die Gegend, wo die linke Kranzarterie abgeklemmt zu werden pflegt, in dieser Beziehung besonders empfindlich.

Ich möchte noch besonders betonen, dass man, wie schon aus dem Vorhergehenden zu entnehmen ist, das überlebende Herz auch durch andere Mittel, so durch elektrische Reizung, ebenso leicht zum Wogen bringen kann, wie das Herz des lebenden Thieres. Der nicht völlig normale Zustand, in dem sich das isolirte Herz befindet, kann also nicht Schuld an dem Ausbleiben des Wogens nach Aufhebung des Blutstromes sein[1]).

7. Erschöpfung und Wiederbelebung des Säugethierherzens.

Bekanntlich haben die Untersuchungen von Kronecker und Stirling (23), Merunowicz (24), Martius (25) bewiesen, dass man durch Ausspülung mit physiologischer Kochsalzlösung das Froschherz derart „erschöpfen“ kann, dass seine Pulse bis zur Unmerklichkeit herabsinken, ja völlig erlöschen, und der Herzmuskel seine Reizbarkeit ganz und gar einbüsst. Weiter ist durch die genannten Arbeiten sicher gestellt wurden,

1) Vgl. hierzu den Zusatz Seite 329.

dass das erschöpfte Organ wieder zu pulsiren beginnt, wenn man die hindurchlaufende Salzwasserlösung durch Blut ersetzt[1]).

Am Säugethierherzen lässt sich dieser wichtige Versuch leicht wiederholen; er ergibt fast genau dasselbe Resultat, wie am Froschherzen.

Zur Durchspülung des Herzens (Katzen- und Hundeherzen wurden verwendet) dient das Doppelflaschensytem obiger Darstellung. Die eine Flasche wird mit Blut, die andere mit 0,7 procentiger Kochsalzlösung beschickt. In einem gegebenen Momente kann durch Umdrehung des T-Hahnes der Herzkanüle die speisende Flüssigkeit gewechselt werden.

Die Spülung mit Salzwasser wurde mindestens so lange fortgesetzt, bis die aus dem ersten Vorhof abfliessende Flüssig-

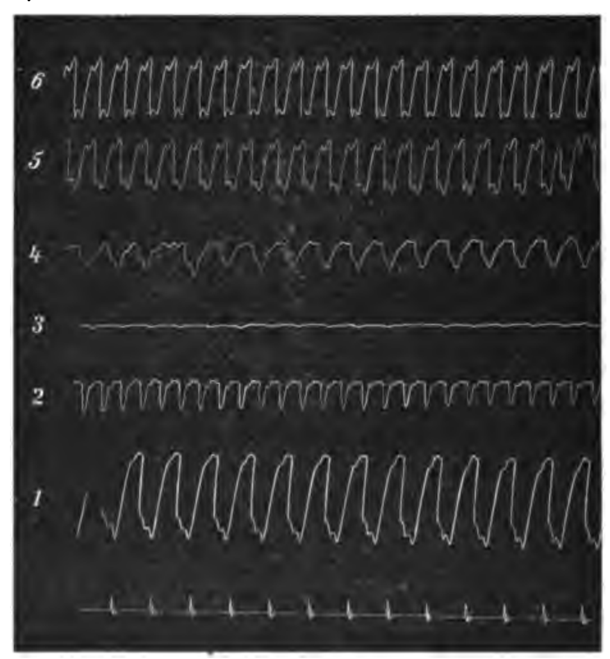


Fig. 19. Hund. Salzwasserdurchspülung, beginnend zwischen Reihe 1 und 2. Zwischen Reihe 3 und 4 wird die Kochsalzlösung wieder durch Blut ersetzt.

keit farblos war. Dazu genügten wenige Minuten, und diese kurze Zeit reichte auch aus, die immer schwächer und schwächer gewordene Herzthätigkeit völlig oder nahezu völlig lahm zu legen.

1) Mit unvollkommenen Methoden hatte dies eigentlich schon Goltz bewiesen (Virchows Archiv f. pathol. Anat. etc. Bd. XXIII. S. 490 sqq.).

In einem Versuch am Katzenherzen waren schon 180 Sekunden nach Beginn der Salzwasserspülung keine merklichen Zusammenziehung mehr nachweisbar. Die Gesammtdauer der Spülung betrug 223 Sekunden. Als nach Ablauf dieser Zeit wieder Blut durch die Herzgefässe geschickt wurde, dauerte es 35 Sekunden, bis das Herz wieder eben merklich zu schlagen anfing; aber schon am Ende der zweiten Minute nach Beginn der Durchblutung waren die Pulse fast ebenso kräftig wie vor der Durchleitung des Salzwassers.

Ich theile ferner, unter Beigabe der graphischen Belege, einen Versuch am Hundeherzen mit (s. Fig. 19). In der untersten Reihe (1) sind die normalen Schläge dieses Herzens gezeichnet. Zwischen ihr und der nächsten, wenige Minuten später aufgenommenen Reihe hat die Salzwasserspülung begonnen; man erkennt in 2 die beträchtliche Verkleinerung der Kontraktionen; noch viel geringer sind diese etwa $1^1/_2$ Minuten später (Reihe 3). Noch bevor sie gänzlich erlöschen, wird die Kochsalzlösung durch Blut ersetzt. Die ganze Dauer der Spülung mochte etwa 5 Minuten betragen haben. Auch hier währt es über $^1/_2$ Minute, bis die Kraft der Zusammenziehungen sich merklich hebt. Noch 1 Minute später wird schon die Reihe 4, nach abermals $1^1/_2$ Minuten Reihe 5 und ebenso viel später Reihe 6 gezeichnet, alle drei mit wachsenden Pulsstärken. Erwähnenswerth ist in dieser Aufzeichnung auch die mit der Salzwasserspülung eingetretene Vermehrung der Schlagzahl: auf 10 Pulse der ersten Reihe kommen 18 der zweiten. Später mindert sich freilich wieder mit der weiter abfallenden Kontraktionsstärke auch die Frequenz; sie sinkt aber nicht wieder bis zur Schlagzahl des frischen Herzens. Vielleicht haben wir es bei der erwähnten Frequenzzunahme des salzwasserdurchspülten Herzens mit derselben Erscheinung zu thun, die schon Merunowicz (a. a. O. S. 270) am Froschherzen beobachtet und für dieses eingehend erörtert hat. Vielleicht aber ist bei meinem Versuche die Salzlösung etwas höher temperirt gewesen, als das vorher durchfliessende Blut, das möglicherweise die Wasserbadwärme noch nicht ganz angenommen hatte. In dem obigen Versuche am Katzenherzen hat die Frequenzsteigerung gefehlt.

Es wird wünschenswerth sein, die angeführten Versuche später dahin auszudehnen, dass man das durch Salzwasserströmung erschöpfte Herz, analog den bekannten Versuchen am Froschherzen,

der Spülung mit Serum, serumalbuminhaltigen Flüssigkeiten, Blutaschelösungen u. s. w. unterzieht. Vielleicht gelingt es auch, am überlebenden Säugethierherzen die noch immer umstrittene Frage zu lösen, in welchem Maasse die Erhaltung der Schlagfähigkeit von der Sauerstoffzufuhr abhängt. Mir erscheint schon jetzt zweifellos, dass, mit wie geringen Sauerstoffmengen auch der Herzmuskel zu arbeiten im Stande ist, die nervösen Centren des Herzens ebenso sauerstoffbedürftig sind, wie alle übrigen Nervenzellen.

Zusätze.

I.

In der vorangehenden Mittheilung ist versehentlich derjenigen Untersuchungen nicht gedacht worden, die von Newell Martin und seinen Schülern[1]) ausgeführt worden sind. Auch ihnen liegt das Bestreben zu Grunde, das isolirte Warmblüterherz zum Gegenstand des Experimentes zu machen. Wenn ich auch gern die Bedeutsamkeit dieser Arbeiten und die Trefflichkeit der benutzten Methode anerkenne, so glaube ich doch, dass es mir in weit höherem Maasse gelungen ist, das Herz von den seine Thätigkeit komplicirenden Verbindungen und Beziehungen loszulösen.

Die Methode Martin's ist folgende[2]). Der Thorax eines curarisirten Hundes wird unter künstlicher Athmung geöffnet; die von der Aorta ausgehenden Arterienäste werden alle bis auf eine Carotis, die zur manometrischen Messung dienen soll, verschlossen;

1) N. Martin, A new method of studying the mammalian heart, Studies from the Biolog. Laborat., John Hopkins Univ. II. p. 119. 1881. N. Martin, The direct influence of gradual variations of temperature upon the rate of beat of the dog's heart. Philos. Transact. Roy. Soc. Part. II. 1883. p. 663. Eine grössere Anzahl weiterer Arbeiten ist von demselben Autor theils allein, theils in Verbindung mit F. Donaldson, L. P. Steffens, W. H. Howell u. A. veröffentlicht. Vgl. darüber:

F. Donaldson, Ueber eine Methode, das Herz von Warmblütern zu isoliren. (Der Physiologischen Gesellschaft in Berlin für D. vorgetragen von Gad.) Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. 1887. S. 584.

2) Nach Donaldson a. a. O. S. auch R. Tigerstedt, Lehrb. d. Physiol. des Kreislaufs. Leipzig 1893. S. 213; sowie die zweite der oben angeführten Mittheilungen von N. Martin selbst.

in die Aorta wird eine lange Röhre eingeführt, die das aus dem Herzen ausgetriebene Blut in ein Druckgefäss leitet, dessen Ausfluss mit der einen Vena jugular. ext. des Thieres verbunden ist. Die übrigen Venen sind geschlossen ; der ganze Lungenkreislauf bleibt frei. Vagi und Sympathici werden beiderseits am Halse durchtrennt.

Man gewinnt auf diese Weise ein Herz, welches, aus dem grossen Kreislauf herausgelöst, durch seine Thätigkeit für seine Füllung und Speisung sorgt, und das unter fortgesetzter künstlicher Lungenventilation seine kräftigen Schläge stundenlang fortsetzen kann. Der Druck des einströmenden Blutes und der Widerstand des Ausflusses lässt sich reguliren, die Temperatur des speisenden Blutes beliebig verändern.

Man sieht, dass dieses Verfahren mit dem von mir geübten wenig gemein hat.

Das nach dem Martin'schen Verfahren präparirte Herz unterscheidet sich von dem im lebenden Thier arbeitenden nur durch die Ausschaltung des grössten Theiles des grossen Kreislaufs. Insbesondere sind die Herzhöhlungen mit Blut gefüllt und haben dieses gegen einen für das linke Herz wohl konstant zu erhaltenden, im rechten aber je nach dem Zustand der Lungengefässlumina wechselnden Widerstand herauszutreiben. Die Ernährung des Herzmuskels bleibt in Abhängigkeit von dem in der Aorta herrschenden Druck, wird also auch durch die Energie der Herzthätigkeit beeinflusst. Ob endlich die Durchschneidung der Vagi und Sympathici am Halse genügt, das Herz von allen extrakardialen Nerveneinflüssen zu befreien, kann zweifelhaft erscheinen.

Es waren zumeist andere Aufgaben, wie die meinigen, die Martin mittels seines Versuchsverfahrens lösen wollte und konnte. Das von mir angewandte ist weit einfacher, nicht nur in Bezug auf die unvergleichlich leichtere Ausführung, die selbst dem Ungeübten möglich ist, sondern auch deshalb, weil das gänzlich isolirte, aus den Körper herausgenommene Herz in seiner Thätigkeit ausser von dem Grad und der Art seiner Speisung lediglich von den in ihm selbst gelegenen Apparaten beherrscht wird. Die Herzhöhlen bergen hier keinen Inhalt, dessen chemische und mechanische Einflüsse sich geltend machen könnten, und die Ernährung des Herzmuskels und seiner nervösen Organe ist unabhängig gemacht davon, ob das Herz schnell oder langsam, stark oder schwach oder auch gar nicht pulsirt.

Wenn es gilt, elementare Versuche anzustellen, wenn es sich darum handelt, die Bedingungen möglichst ebenso einfach und durchsichtig zu gestalten, wie bei einem physikalischen Experiment, dann ist sicher das gänzlich isolirte Herz dem theilweise isolirten vorzuziehen.

N. Martin hat bereits, wie ich hier anfügen möchte, mittels seiner Methode den Einfluss der Temperatur auf das Warmblüterherz untersucht, und ist bezüglich der Abhängigkeit der Schlagfolge von Erwärmung und Abkühlung zu ähnlichen Ergebnissen gelangt, wie ich. Da ich beabsichtige, meine Erfahrungen über diese Einflüsse später zum Gegenstand einer besonderen Abhandlung zu machen, will ich hier nicht näher auf diese Dinge eingehen.

II.

Den oben (S. 320) mitgetheilten Versuchen über die Absperrung des Blutstromes könnte man den Vorwurf machen, dass keine Gewähr gegeben sei dafür, dass die isolirten Herzen auch so hoch temperirt gewesen sind, wie das Herz eines lebendigen Thieres. Vielleicht spielt gerade die Temperatur eine wichtige Rolle; vielleicht ist durch allzu starke Abkühlung des isolirten Herzens der protrahirte Verlauf der Erstickung und das Ausbleiben des Wogens bedingt gewesen.

Um diesem Einwurf zu begegnen, habe ich mir angelegen sein lassen, in eigens dazu angestellten Versuchen die Temperatur des Herzens vor und während der Blutsperre sorgfältig zu beobachten. Dabei wurde nicht nur für eine angemessene Temperatur des durchgeleiteten Blutes Sorge getragen, sondern auch die Wärmekammer so hoch temperirt, dass auch das nicht durchströmte Herz sich gar nicht oder nur sehr langsam abkühlen konnte. Vor der Blutsperrung wurden eine gewisse Zeit hindurch alle 2 Minuten drei Thermometer, während derselben alle Minuten zwei Thermometer abgelesen. Das eine derselben befand sich in der Wärmekammer, zwischen deren Wand und dem Herzen; das zweite in der Herzkanüle, so dass sein Gefäss wenig oberhalb des Aortenstumpfes vom Blutstrom umspült wurde; das dritte führte ich durch die eine Aurikel in die linke Herzkammer ein und befestigte es durch eine Ligatur im Herzohr.

Der Erfolg der Blutsperrung war aber trotz der hohen, von

den Thermometern bezeugten Temperatur kein anderer als in den früheren Versuchen, in denen eine weniger scharfe Kontrolle über die Wärme des Herzens geübt worden war. Die Versuche wurden an Katzenherzen ausgeführt.

In dem einen Falle blieb die Temperatur des Herzmuskels während der ersten $5^1/_2$ Minuten nach Absperrung des Stromes völlig konstant, nämlich = 36,1° C, und sank während der letzten beiden Minuten der Sperre nur bis auf 35,9° C.

In einem zweiten Versuche schwankte die Herzwärme während der 7 Minuten lang dauernden Absperrung zwischen 38,4 und 37,7° C. (Die Bluttemperatur war kurz vor der Sperrung 39,8° gewesen, die Temperatur der Kammer betrug 39,5 bis 39,8°). Trotz solcher Herztemperaturen, die der eines am lebenden Thier freigelegten und seiner Blutzufuhr beraubten Herzens zum mindesten gleichkommen [1]), trat in keinem der beiden Fälle Wogen ein. Im zweiten Versuch war ein früher Verfall der Herzenergie bemerklich; aber von einem plötzlichen Stillstand war auch in diesem Falle keine Rede. Noch in der 7. Minute nach dem Beginn der Sperre pulsirte das Herz rhythmisch, wenn auch fast unmerklich.

In allen beiden Versuchen wurde durch neuen Blutzufluss das Herz wieder alsbald zum kräftigen regulären Schlagen gebracht. Uebrigens ist auch in vielen anderen meiner Absperrungsversuche die Temperatur des Herzmuskels sicher ebenso hoch gewesen; ich hatte nur versäumt, mich ausdrücklich davon zu überzeugen.

Literatur.

1. C. Ludwig und A. Schmidt, Das Verhalten der Gase, welche mit dem Blute durch den reizbaren Säugethiermuskel strömen. Sächs. Sitz.-Ber. 1868. S. 15.
2. H. Arnaud, Expériences pour décider si le coeur et le centre respiratoire ayant cessé d'agir, sont irrévocablement morts. Arch. de Physiol. 1891. p. 396.

---

1) In einem Versuche von Heidenhain (Dieses Archiv Bd. III. 1870. S. 508) betrug beim kurarisirten Hunde die Bluttemperatur im linken Ventrikel 37,65° C. Hier war aber das Herz nicht freigelegt und der Koronarkreislauf unbehindert.

3. E. Hédon et P. Gilis, Sur la reprise des contractions du coeur, après arrêt complet de ses battements, sous l'influcnse d'une injection de sang dans les artères coronaires. Compt. rend. Soc. de Biol. 1892. p. 760.
Citirt nach L. Hermann's Jahresbericht über die Fortschritte der Physiologie. Jahr 1892. S. 55.
4. H. Aubert und A. Dehn, Ueber die Wirkungen des Kaffees, des Fleischextractes und der Kalisalze auf Herzthätigkeit und Blutdruck.
Dieses Archiv Bd. IX. S. 115.
5. H. Kronecker und F. Schmey, Das Koordinationscentrum der Herzkammerbewegnngen.
Sitz.-Ber. d. Preuss. Akad. d. Wissensch. 1884. VIII. (Math.-phys. Cl.). S. 87.
6. O. Langendorff, Die chemische Reaktion der grauen Substanz. Neurolog. Centralbl. 1885. No. 24 und: Physiologische Untersuchungen an überlebenden Organen. Schriften der Physikal.-ökonom. Gesellsch. zu Königsberg i. Pr. 28. Jahrgang. 1887. S. 4.
7. A. v. Haller, Elementa physiologiae. T. I. p. 489 sqq.
8. J. Bernstein, Lehrbuch der Physiologie. Stuttgart 1894. S. 103 u. 104.
9. W. H. Howell, The effect of stimulation and of changes in temperature upon the irritability and conductivity of nerve-fibres. Journ. of Physiol. Vol. XVI. p. 298.
10. E. J. Marey, La circulation du sang. Paris 1881. p. 39—44, und: Travaux du Laboratoire. t. II. p. 85. 1876.
11. E. Gley, Recherches sur la loi de l'inexcitabilité périodique du coeur chez les mammifères.
Arch. de Physiol. (5 ième sér.) T. I. 1889. p. 499.
Derselbe, Nouvelles expériences relatives à l'inexcitabilité périodique du coeur des mammifères.
Ibid. 1890. p. 436.
12. O. Langendorff, Ueber elektrische Reizung des Herzens. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiologie. 1885. S. 284.
13. Th. W. Engelmann, Beobachtungen und Versuche am suspendirten Herzen. III. Abhandlung. Dieses Archiv Bd. 59. S. 309.
14. A. v. Bezold, Von den Veränderungen des Herzschlages nach Verschliessung der Koronararterien. Untersuch. a. d. Physiolog. Laboratorium in Würzburg. I. Theil. S. 256. 1867.
15. Samuelson, Ueber den Einfluss der Kranzarterienverschliessung auf die Herzthätigkeit. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1881. No. 49, und: Zeitschr. f. klin. Medicin. Bd. II. S. 12. 1881.
16. J. Cohnheim und v. Schulthess-Rechberg, Ueber die Folgen der Kranzarterienverschliessung für das Herz. Virchow's Archiv f. path. Anat. Bd. 85. S. 503.
17. J. Fenoglio und G. Drogoul, Observations sur l'occlusion des coronaires cardiaques. Arch. ital. de Biologie. T. IX. p. 49. 1888.

18. Newell Martin und W. T. Sedgwick, Observations on the mean pressure and the characters of the pulswave in the coronary arteries of the heart. Journal of Physiol. Vol. III. S. 165. 1882.
19. M. v. Frey, Die Folgen der Verschliessung von Kranzarterien. Zeitschr. f. klin. Medicin. Bd. 25. S. 158. 1894.
20. R. Tigerstedt, Ueber die Ernährung des Säugethierherzens. II. Abhandlg. Mitth. a. d. Physiol. Laborat. in Stockholm. Heft 10. Skandin. Arch. f. Physiol. Bd. V. S. 67. 1894, und: Lehrbuch der Physiologie des Kreislaufs. Leipzig 1893. S. 190—193.
21. Townsend Porter, On the results of ligation of the coronary arteries. Journ. of Physiol. Vol. XV. und: Ueber die Frage eines Koordinationscentrums im Herzventrikel. Dieses Archiv Bd. 55. S. 366. 1893.
22. M. Michaelis, Ueber einige Ergebnisse bei Ligatur der Kranzarterien des Herzens. Zeitschr. f. klin. Medicin. Bd. 24. S. 270.
23. H. Kronecker und Stirling, Das charakteristische Merkmal der Herzmuskelbewegung. Beitr. zur Anat. und Physiol. Festgabe für C. Ludwig. Leipzig 1875. S. 200.
24. Merunowicz, Ueber die chemischen Bedingungen für die Entstehung des Herzschlages. Ber. der Sächs. Ges. der Wissensch. Math.-phys. Cl. 1875. S. 252.
25. F. Martius, Die Erschöpfung und Ernährung des Froschherzens Du Bois-Reymond's Arch. f. Physiol. 1882. S. 543.

Erklärung der Tafeln VIII und IX.

Tafel VIII.

Fig. 1. Injectionsapparat und Schreibvorrichtung. Idealer Durchschnitt.
Fig. 2. Schematische Darstellung der Vorrichtung zur Druckregulation.
Fig. 3. Erste Form der Aufnahmekapsel nebst dem daran angebrachten Herzen.

Tafel IX.

Fig. 1. Wirkung des Muscarins und des Atropins.
Fig. 2. Interkurrente Einzelreize.
Fig. 3. Absperrung und Wiederzulassung des Blutstromes. Katzenherz.
Fig. 4. Absperrung und Wiederzulassung des Blutstromes. Hundeherz.
Fig. 5. Wie Fig. 3.

Die Zeitmarken bedeuten ganze Sekunden.

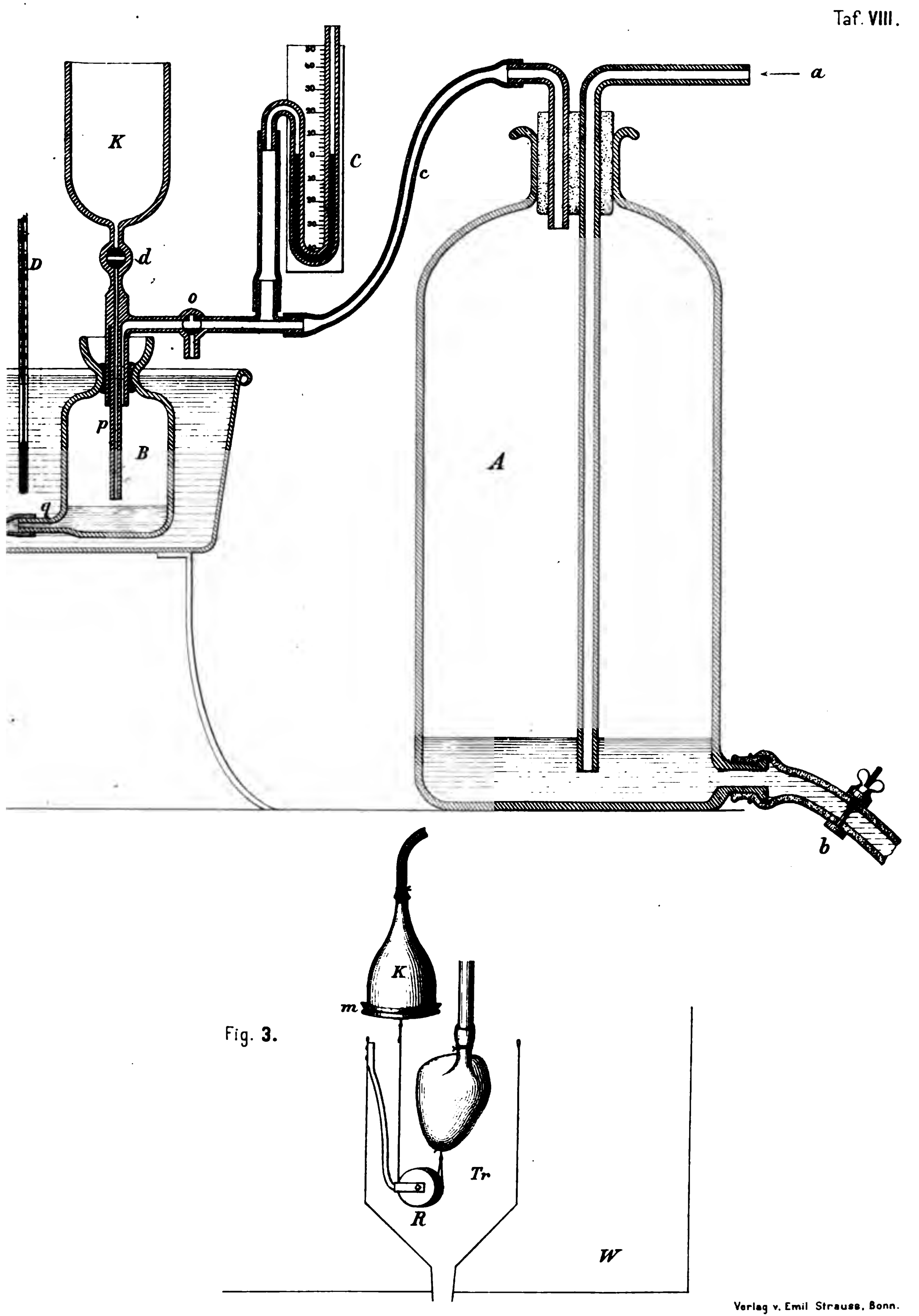


Fig. 3.

Verlag v. Emil Strauss, Bonn.

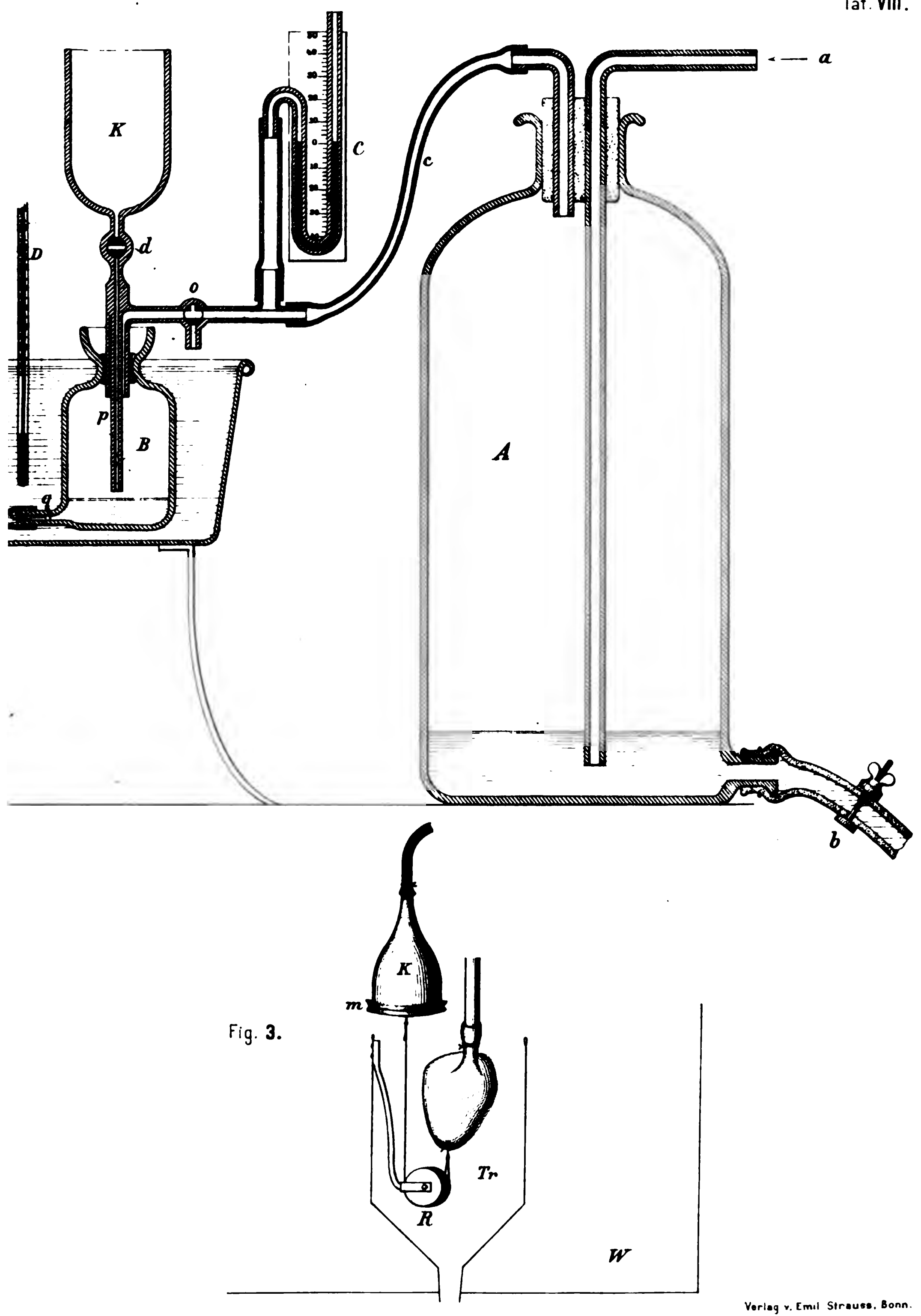
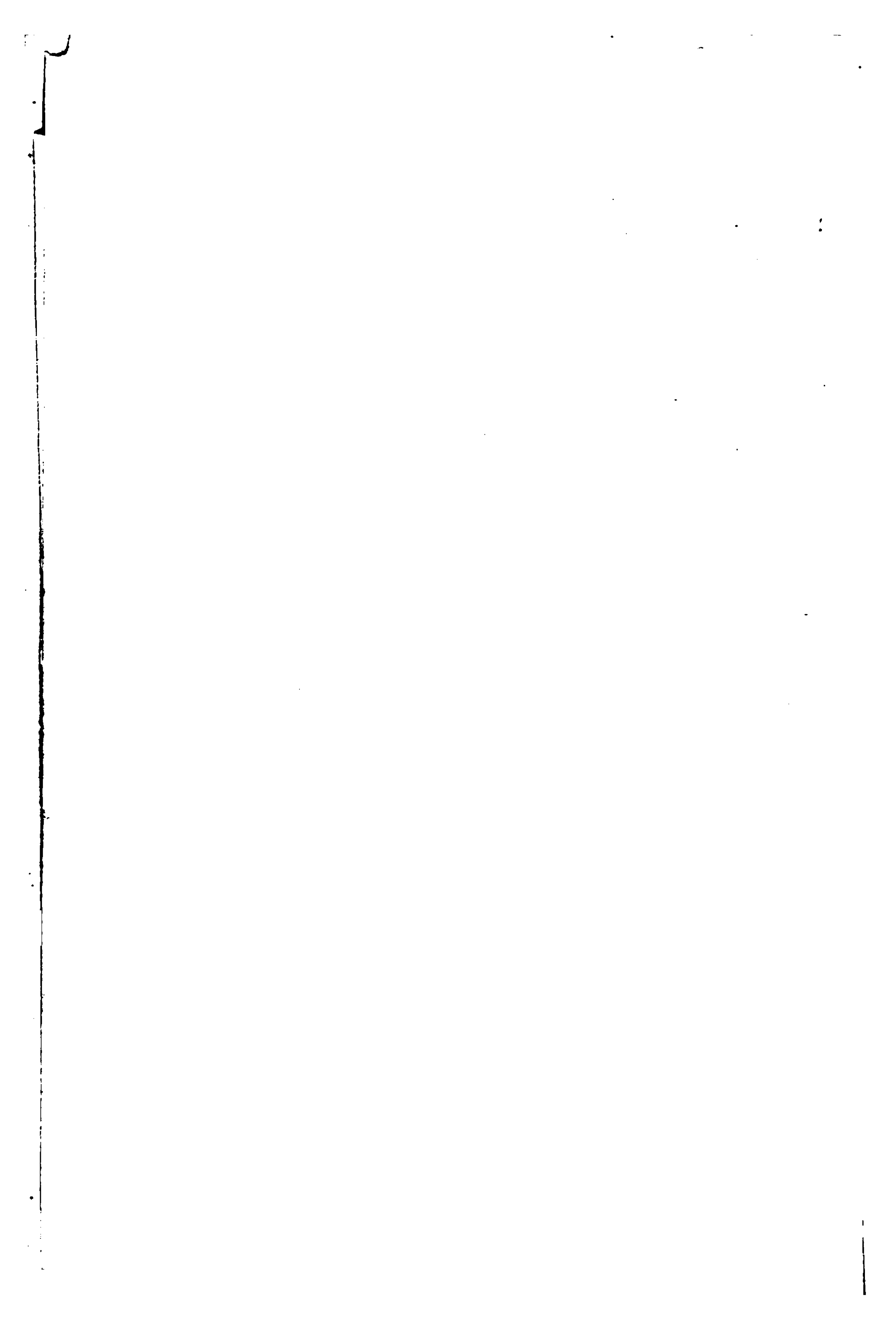


Fig. 3.

Verlag v. Emil Strauss, Bonn.





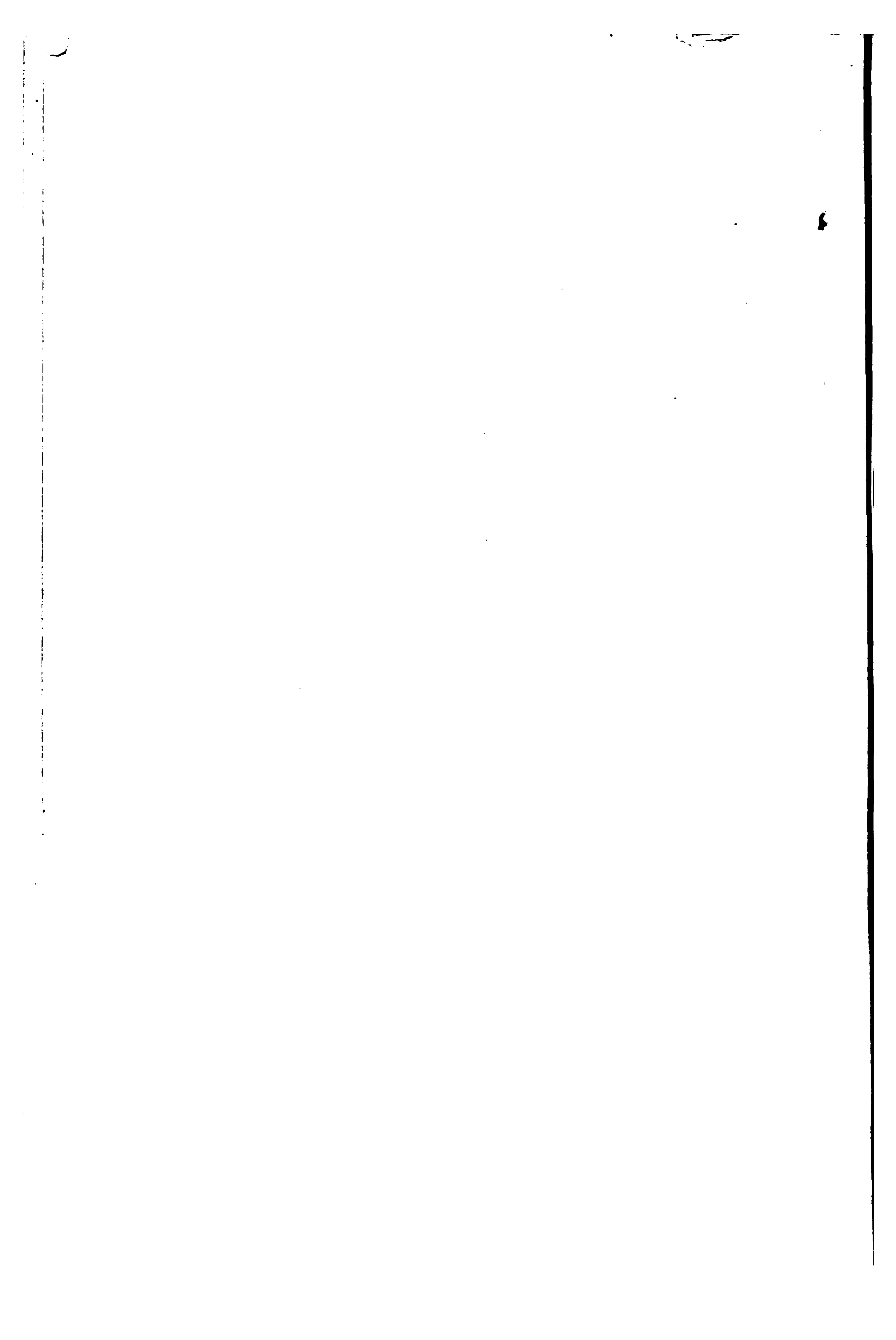


Fig. 5.

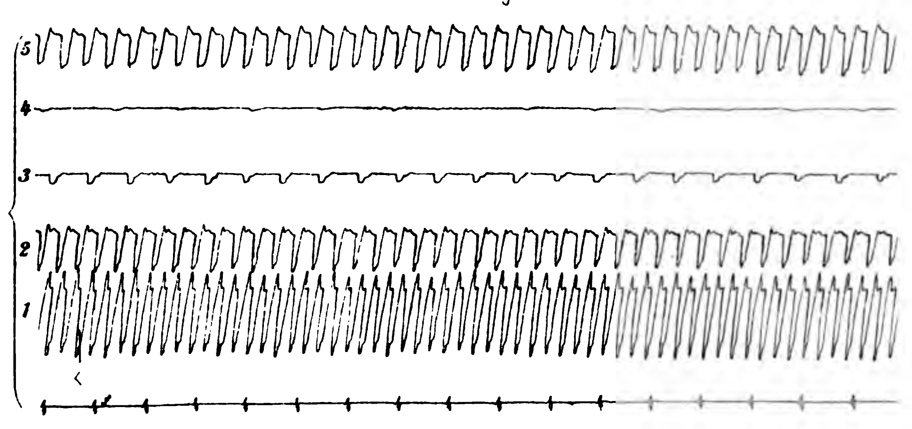
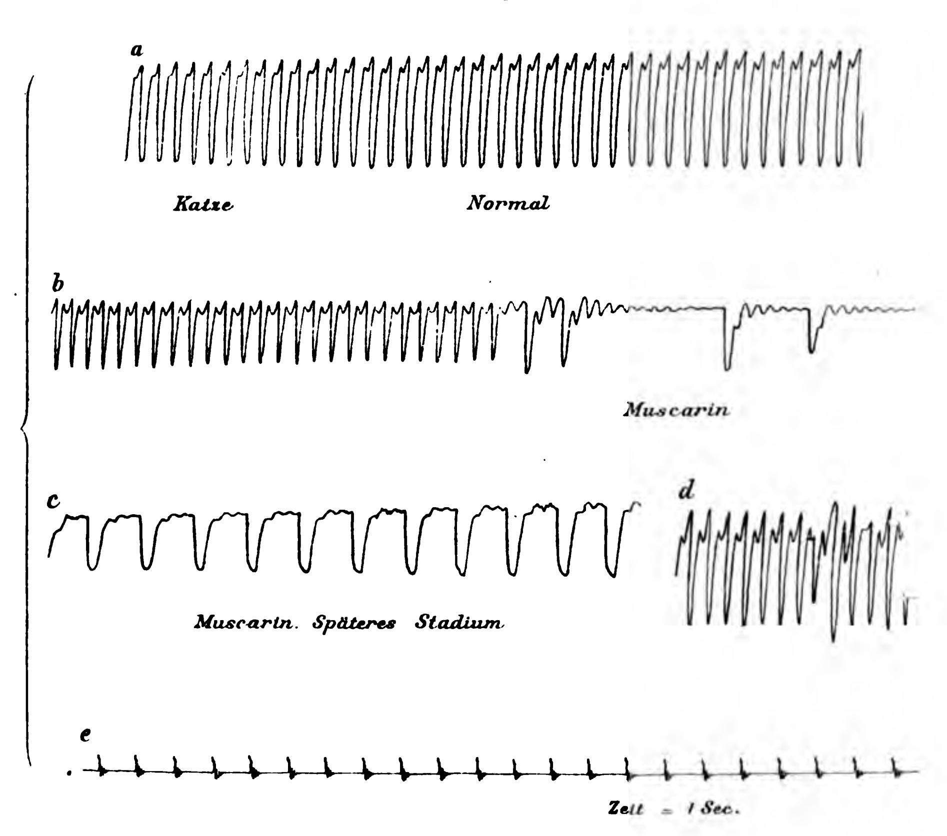


Fig. 1.



Lith. Anst. v. F. Wirtz, Darmstadt

Aus dem physiologischen Institut in Rostock.)

Die Reaktion des Herzmuskels auf Dauerreize.

Von

O. Langendorff.

I. Die chemische Reizung der Herzspitze.

Die neueste Arbeit von K. Kaiser (1) über die Ursache der Rhythmicität der Herzbewegungen nöthigt mich zu einigen Worten der Abwehr. In seiner II. Mittheilung hatte Kaiser allgemein zu beweisen gesucht, dass dem Herzmuskel nicht, wie vielfach behauptet wird, rhythmische Eigenschaften zukommen, sondern dass die unter gewissen Bedingungen zu beobachtenden Pulsationen desselben „durch äussere, in jenen Bedingungen gegebene Umstände veranlasst" werden. So hatte er auch die in Folge chemischer Reizung der abgeklemmten Herzspitze von mir beobachteten rhythmischen Pulsationen nicht als beweiskräftig anerkannt und eine von der meinen durchaus abweichende Deutung derselben gegeben. Gegen diesen Deutungsversuch hatte ich mich in einer kleinen Abhandlung: „Zur Lehre von der Rhythmicität des Herzmuskels" (2) gewendet, indem ich ihre Unhaltbarkeit durch eine Reihe neuer Versuche nachwies. Nun kommt Kaiser in seiner III. Mittheilung (3) auf die chemische Reizung der Herzspitze zurück und erklärt die von mir erhobenen Einwände gegen seine Lehre für „nicht relevant". Dieses Urtheil sucht er für jeden einzelnen der von mir angegebenen Versuche zu begründen, legt aber seiner Kritik eine ganz neue, von seiner früheren grundverschiedene Erklärung der in Rede stehenden Erscheinung zu Grunde, eine Erklärung, deren Möglichkeit in der ersten Abhandlung nicht einmal angedeutet ist, gegen die sich also meine Experimente nicht hatten richten können. Um jedes Missverständniss zu vermeiden, stelle ich Kaiser's frühere und spätere Interpretation mit seinen eigenen Worten hier-

her. Er sagt (II. Abhdlg. S. 292)[1]: „Bringt man auf die nach Bernstein abgeklemmte, in Ruhe befindliche Herzspitze ein 4 bis 9 qmm grosses Fliesspapierstückchen, welches zuvor in eine concentrirte Kochsalzlösung getaucht worden war, so sehen wir fast unmittelbar darauf die Herzspitze eine längere Reihe von Pulsen ausführen. Der Rhythmus dieser Pulse ist direkt abhängig von dem Rhythmus des Ventrikelrestes. Die durch die concentrirte Kochsalzlösung in Contraction versetzte Spitze wird durch jede zweite oder dritte Contraction des Ventrikelrestes passiv gedehnt; bei der Erschlaffung des Ventrikelrestes zieht sich die immer in Contraction befindliche, durch die unter bestimmtem Druck eingetriebene Blutmenge aber gedehnte Spitze wieder zusammen." Ich denke, das kann doch nur so verstanden werden, dass die Spitze in Folge der chemischen Reizung in den Zustand der Dauercontraction geräth und nur durch die rhythmische Füllung vom übrigen Herzen her ab und zu in scheinbare Diastole versetzt wird.

Was gegen diese Deutungsweise einzuwenden sei, habe ich in meiner angeführten Arbeit gezeigt; es hiesse, deren Inhalt wiederholen, wollte ich meine Gegenversuche noch einmal hierhersetzen. Jetzt lässt aber Kaiser diese seine Erklärung stillschweigend fallen und giebt, ohne im Geringsten darauf aufmerksam zu machen, eine durchaus neue, der gegenüber meine Kritik ganz sinnlos erscheinen muss. Auch hier gebe ich seine eigenen Worte wieder. Er sagt (III. Abhandlung S. 8): „Zunächst stellte ich fest, dass, der bisherigen Annahme entgegen (! Ref.), die gesättigte Kochsalzlösung für den nervenfreien Muskel überhaupt keinen Reiz bildet!" Man beachte: früher sollte die Spitze durch Kochsalzlösung in dauerde Contraction versetzt werden! Jetzt soll das Kochsalz nur (S. 8) „die Erregbarkeit der Herzspitze erhöhen". Und weiter: „Der unter normalen Bedingungen in der abgeklemmten, blutgefüllten Spitze vorhandene Druck genügt zur Auslösung von Contractionen nicht. Wird die Erregbarkeit der Spitze durch Auflegen eines Kochsalzkrystalles gesteigert, so wird der vorher ungenügende Druck zum wirksamen Reiz und die Spitze be-

1) Die Hervorhebung der gesperrt gedruckten Sätze rührt grösstentheils von mir her.

ginnt zu pulsiren" (S. 10 und 11). Das ist freilich etwas ganz Anderes! Hiernach handelt es sich doch um wirkliche Pulsationen!

Es wäre ja nichts dagegen zu sagen, wenn Kaiser erklärte: Meine späteren Ueberlegungen oder auch die Einwände von Langendorff haben mich davon überzeugt, dass meine frühere Interpretation unrichtig ist; ich gebe jetzt eine neue und will nachweisen, dass sie durch jene Einwände nicht widerlegt wird. Aber kein Wort davon! Der früheren Deutung wird gar nicht mehr gedacht, und meine Experimente werden so beurtheilt, als ob sie sich nicht gegen die erste, sondern gegen die neu mitgetheilte Auffassung gerichtet hätten!

„Dass die Spitzencontractionen von Aktionsströmen begleitet sind, habe ich nie bezweifelt", sagt jetzt Kaiser. Das ist ja möglich; wenn er aber früher diese Contractionen als echte Pulse gar nicht anerkannte (s. o.), so hätte er doch alles Recht zu solchem Zweifel gehabt, und jedenfalls war ich berechtigt, aus der von mir bewiesenen Existenz der Aktionsströme zu schliessen, dass die erwähnten Kochsalzpulse aktiver Natur sein müssen. Wenn Kaiser dies jetzt selber voraussetzt, so hat allerdings meine Beweisführung keinen Sinn mehr. Ebenso verhält es sich mit meinen anderen Versuchen. Noch ein Beispiel! Kaiser gesteht neuerdings zu, dass zwischen der Frequenz der Zusammenziehungen der Herzspitze und denen des Ventrikelrestes ein harmonisches Verhältniss nicht besteht, ja unmöglich bestehen kann. Damit lässt er seine frühere Behauptung fallen, die, wie schon angeführt, dahin ging: „Der Rhythmus dieser (scil. scheinbaren) Pulse ist direkt abhängig von dem Rhythmus des Ventrikelrestes. Die Spitze wird durch jede oder jede zweite oder dritte Contraction des Ventrikelrestes passiv gedehnt u. s. w." War es unbegründet, wenn ich, was er jetzt rügt, aus diesen Sätzen das Postulat eines harmonischen Verhältnisses ableitete und mich damit abgab, ein solches als nicht bestehend nachzuweisen?

Jetzt möchte ich allerdings fast bedauern, Zeit und Mühe auf die Widerlegung von Behauptungen verwendet zu haben, die ihr eigener Urheber in aller Stille begräbt.

Aus diesem Grunde verzichte ich auch vorläufig darauf, näher auf die neue Meinung Kaiser's einzugehen, dass die Wirkung

des Kochsalzkrystalls nicht auf einer Reizung sondern nur einer Erregbarkeitssteigerung des Herzmuskels beruhen soll. Doch darauf möchte ich hinweisen, dass gewiss die meisten Physiologen mit mir die Pflüger'sche Ansicht (4) theilen, dass Umstände, welche die Erregbarkeit schnell steigern, auch erregen können. Und ferner: zugegeben, das NaCl sei wirklich, wie es Kaiser aus seinem Versuch am nervenlosen Sartoriusende erschliesst, kein Reiz für den Muskel; gilt dies zugleich auch für alle die übrigen Stoffe, die meinen Beobachtungen nach die abgeklemmte Spitze zum Pulsiren bringen, auch ohne, wie das NaOH, schnell zerstörend zu wirken? Dann gäbe es ja überhaupt kaum noch chemische Muskelreize! Ich muss verlangen, dass Kaiser für jeden der von mir verwendeten Körper (Salzsäure, Ammoniakdämpfe, Kalkwasser, Silbernitrat, Froschgalle, gallensaure Salze, Milchsäure u. a. m.) den entsprechenden Nachweis führt. Bis dahin kann ich die Ueberzeugung nicht fallen lassen, dass das von mir benutzte Verfahren die Rhythmicität des Herzmuskels beweist.

II. Die Reizung des Herzmuskels mit Kettenströmen.

Die Einwürfe Kaiser's richten sich, wie man weiss, nicht allein gegen die aus der chemischen Reizung des Herzmuskels gezogenen Schlüsse, sondern auch gegen die Verwerthung der galvanischen und mechanischen Reizung der Herzspitze zu Gunsten des rhythmischen Vermögens des Herzmuskels.

Ich habe Herrn Dr. Fonrobert veranlasst, die zuerst von Eckhard (5), später von Foster und Dew-Smith (6), Scherhey (7) u. A. erforschte Reaktion des Herzmuskels auf galvanische Durchströmung noch einmal und zwar mit Rücksicht auf die Bedenken Kaiser's zu untersuchen. Herr Fonrobert hat, wie er in seiner Dissertation (8) mitgetheilt, bezüglich der Wirkung von Stromesstärke und Stromesrichtung die Ergebnisse früherer Beobachter bestätigen können; insbesondere hat er auch die zuerst von Biedermann (9) nachgewiesenen polaren Wirkungen des Stromes studirt und die von diesem Forscher gemachten Angaben dahin erweitert, dass an der durch Abquetschung isolirten Herzspitze sich nicht allein die erregende Wirkung der Kathode, sondern auch, wenn man die Spitze zum Pulsiren bringt, die hemmende Wirkung der Anode nachweisen lässt.

Besondere Sorgfalt hat er aber der Frage zugewendet, ob aus dem rhythmischen Pulsiren der galvanisch durchströmten Spitze auf ein rhythmisches Vermögen des Herzmuskels geschlossen werden darf, oder ob die gegen diese Schlussfolgerung von Kaiser gemachten Einwände berechtigt sind. Kaiser meint (a. a. O. S. 284), „dass auch diese rhythmischen Bewegungen der Herzspitze dadurch zu Stande kommen, dass der kontinuirliche Reiz durch die Veränderungen, welche er am Herzen hervorruft, unterbrochen wird". Die Unterbrechungen sollen „auf rein äusserlichem, künstlichem Wege" geschehen. Ich kann dies nicht anders verstehen, als dahin, dass entweder an der sich kontrahirenden Spitze Elektrodenverschiebungen stattfinden oder dass die Formveränderung des Herzens Dichtigkeitsschwankungen des Stromes hervorrufen soll.

Schon Eckhard ist dieser Auffassung durch einen, wie ich glaube, entscheidenden Versuch (Einschaltung eines Nervmuskelpräparates in den Stromkreis) entgegen getreten. Kaiser hält das Inruhebleiben des Froschschenkels nicht für beweisend, weil es sich um Stromesschwankungen von geringer Steilheit handle, für die wohl der Herzmuskel, nicht aber der Nerv empfindlich sei.

Es sind im Wesentlichen drei Versuchsreihen, die Fonrobert zur Widerlegung der Kaiser'schen Auffassung ausgeführt hat; sie alle beweisen, dass von Widerstandsschwankungen in seinem Sinne nicht die Rede sein kann.

1. Die abgeklemmte Herzspitze eines mit Kurare vergifteten Frosches wird in eine viereckige, mit 0,6 procentiger Kochsalzlösung gefüllte Glaswanne versenkt, deren Schmalwände mit Elektrodenblechen bekleidet sind. Wird der Herzmuskel auf diese Weise von parallelen Fäden eines Kettenstromes durchflossen, so pulsirt er rhythmisch, wie wenn die Elektroden ihm unmittelbar angelegt worden wären.

Nimmt man an, dass der Leitungswiderstand des Herzens und der Kochsalzlösung annähernd gleich gross sei, so können die Formveränderungen des Herzens keinen Einfluss auf die Stromesdichte ausüben, und eine Verschiebung der Elektroden ist durch die Versuchsanordnung ausgeschlossen.

2. Sind nach Kaiser die angeblichen Stromesschwankungen auch zu langsam, um das Nervmuskelpräparat zu erregen, so

sollen sie doch genügend steil sein, um den Herzmuskel zu reizen. Wenn das letztere der Fall ist, so müssten sie auch im Stande sein, Induktionswirkungen hervorzurufen. Das ist indess keineswegs der Fall. Schaltet man in einen starken Kettenstrom die Herzspitze und ausser ihr die primäre Rolle eines Induktionsapparates ein, so gibt ein im sekundären Kreis befindliches Nervmuskelpräparat nur bei Schliessung und Oeffnung des primären Stromes Zeichen von Erregung, bleibt aber während der Schliessungsdauer auch bei übereinander geschobenen Rollen völlig in Ruhe; der Herzmuskel pulsirt natürlich während dieser Zeit. Die angeblichen langsamen Schwankungen müssten durch die Einschaltung des Induktionsapparates gewissermassen in steile Schwankungen transformirt sein. Dennoch bleibt die Wirkung auf den Nerv aus. Wie dieser, so lässt auch ein in den sekundären Kreis aufgenommenes empfindliches Telephon nicht die mindeste Schwankung erkennen.

3. Wenn, wie Kaiser zu glauben scheint, bei der konstanten Durchströmung des Herzens Widerstandsschwankungen im Spiele sind, so müssten diese unmerklich klein und deshalb unwirksam werden, wenn man neben dem Herzen einen Leitungswiderstand von sehr bedeutender Grösse einschaltete. Es zeigt sich aber, dass man 45000 bis 50000 Ohm in den Stromkreis aufnehmen kann (Widerstand einer starken Zinksulfatlösung in einer Röhre von etwa 20 cm Länge und 1 mm Durchmesser), ohne die rhythmischen Pulsationen der Herzspitze aufzuheben.

Ich möchte glauben, dass diesen Erfahrungen gegenüber die Ansicht Kaiser's sich nicht halten lässt, und dass man ohne Bedenken auch fürderhin den Satz gelten lassen darf, dass der konstante Strom den Herzmuskel zur rhythmischen Thätigkeit bringt.

Literatur.

1. K. Kaiser, Untersuchungen über die Ursache der Rhythmicität der Herzbewegungen. II. Zeitschr. f. Biologie. Bd. XXX. (N. F. Bd. XII.) S. 279.
2. O. Langendorff, Zur Lehre von der Rhythmicität des Herzmuskels. Dieses Archiv Bd. 57. S. 409.
3. K. Kaiser, Untersuchungen etc. III. Zeitschr. f. Biologie. Bd. XXXII. (N. F. Bd. XIV.) S. 1.

4. E. Pflüger, Die teleologische Mechanik der lebendigen Natur. Dieses Archiv Bd. 15. S. 89.
5. C. Eckhard, Ein Beitrag zur Theorie der Ursachen der Herzbewegung. Beitr. z. Anat. u. Physiologie. Bd. I. S. 145.
6. M. Foster und Dew-Smith, The effects of the constant current on the heart. Journal of Anatomy and Physiology. Vol. X. 1876. p. 735.
7. J. A. Scherhey, Zur Lehre von der Herzinnervation. Du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. 1880. S. 258.
8. A. Fonrobert, Ueber die elektrische Reizung des Herzens. Dissertat. Rostock 1895.
9. W. Biedermann, Beiträge zur allgemeinen Nerven- und Muskelphysiologie. XIV. Mittheilung. Ueber das Herz von Helix pomatia. Sitz.-Ber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. III. Abth. Jänner 1884. S. 47 und: Elektrophysiologie. Jena 1895. I. Abtheilung. S. 219.

Zur Frage der Hörfähigkeit labyrinthloser Tauben.

Von

W. Wundt.

In einem in Band 61 dieses Archivs (Heft 1—3, S. 113 ff.) enthaltenen Aufsatze bemerkt J. Bernstein, nach der Exstirpation des Labyrinths bei Tauben trete erstens die Degeneration der Hörnerven unter allen Umständen ein, und sie ergreife zweitens „den grössten Theil des Octavusstammes und zwar den N. cochlearis vollständig“. Speciell an dem von mir beobachteten Thier, an dem die in meinen Philos. Studien (Bd. IX, S. 496 ff.) mitgetheilten Hörprüfungen vorgenommen wurden, und das auf der einen Seite vor 12, auf der andern vor 6 Wochen von Ewald operirt worden war, „musste“, wie Bernstein meint, „die Degeneration zweifellos vollständig eingetreten sein“ (S. 115). Dem gegenüber erlaube ich mir mitzutheilen, dass nach der von Dr. Held längere Zeit nach der Section des Thieres ausgeführten mikroskopischen Untersuchung an den frei liegenden Enden des durchschnittenen Hörnerven nur Anfänge einer Degeneration zu finden waren, die sich noch nirgends über die primären Centren fortsetzte. Was in dem Sectionsprotocoll (a. a. O. S. 504) über die Atrophie einzelner Hirntheile bemerkt ist, kann daher nach dem mikroskopischen Befund nur auf zufällige Abweichungen und

Asymmetrien bezogen werden. Welche Gründe Bernstein zu der Annahme verleiten, dass die Degeneration nach 12 oder 6 Wochen „zweifellos vollständig" sei, weiss ich nicht. Die allgemeine Erfahrung geht aber meines Wissens dahin, dass bei durchschnittenen Nerven die noch mit ihren Centren zusammenhängen, die Degeneration sehr langsam erfolgt. Von den Gebilden des Labyrinths war durch die mikroskopische Untersuchung keine Spur mehr nachzuweisen. Die durch Ewald vorgenommene Exstirpation war also eine vollständige gewesen.

Ausserdem muss ich mir gestatten, noch eine weitere unrichtige Ansicht, die sich Bernstein über unsere Versuche gebildet hat, zu berichtigen. Wir prüften nämlich die im halbdunkeln Raum gehaltene labyrinthlose Taube unter steter Vergleichung mit einer sich unter denselben Versuchsbedingungen befindenden normalen Taube in Bezug auf die Perceptionsfähigkeit von Harmoniumtönen verschiedener Höhe, nicht, wie Bernstein zu glauben scheint, um überhaupt ihre Hörfähigkeit zu constatiren — diese konnte man jederzeit, wie ich ausdrücklich bemerkt habe, in der von Ewald beschriebenen Weise auf das überzeugendste nachweisen — sondern um zu ermitteln, wie sich das Thier verschiedenen Tonhöhen gegenüber verhalte. Dass sich hier in der That ein Unterschied zu Ungunsten der labyrinthlosen Taube herausstellte, da diese auf Töne von über ca. 440 Schwingungen nicht mehr reagirte, geht aus unsern Versuchsprotokollen deutlich hervor (a. a. O. S. 505). Da die Klänge in einem nebenstehenden Raum erzeugt wurden, von wo man auch das Thier mit dem Fernrohr beobachtete, so war dabei eine Reizung der Haut durch Luftschwingungen ausgeschlossen. Auf viel intensivere geräuschlose Luftschwingungen, die mit einem Blasebalg erzeugt wurden, reagirte die Taube absolut nicht. Die plötzliche Reaction des zuvor ruhigen Thieres auf einen momentan angegebenen Klang war aber auch in vielen Fällen so auffallend, das Thier drehte nicht selten so unverkennbar den Kopf, ganz wie die hörende Taube, im Sinne der Schallrichtung, dass nicht minder eine Verwechselung mit zufälligen Bewegungen unmöglich war. In den vier Wochen, während deren sich die labyrinthlose Taube lebend in unserem Laboratorium befand, ist sie nicht nur von meinen Assistenten und mir, sondern gelegentlich noch von vielen andern Personen beobachtet worden. Ich habe unter ihnen manche gefunden, die, so

lange das Thier lebte, an der totalen Exstirpation der Labyrinthe zweifelten, andere die, weil sie an die specifische Energie der Endapparate glaubten, geneigt waren die gesehenen Bewegungen auf Schallreflexe des Acusticus ohne begleitende bewusste Gehörsempfindungen zurückzuführen. Aber ich habe niemanden gefunden, dem nicht die von Bernstein am Schlusse seines Aufsatzes aufgestellte Hypothese einer unbeabsichtigten Hautreizung als absolut ausgeschlossen erschienen wäre. Auch Bernsteins neue Versuche halte ich, insoweit er sie zu Gunsten dieser Hypothese verwerthet, nicht für beweiskräftig, enthalte mich aber so lange einer näheren Kritik derselben, als mir nicht eigene weitere Beobachtungen zu Gebote stehen. Immerhin betrachte ich es als einen Fortschritt, dass sich Bernstein von der Existenz der Schallreactionen labyrinthloser Thiere, nachdem er diese noch in seinem vorigen Aufsatze (Bd. 57. S. 477 dieses Archivs) für eine „arge Täuschung" erklärt hatte, nunmehr selbst überzeugt hat.

(Aus dem physiologischen Institute in Bonn.)

Die quantitative Bestimmung von Fett in thierischen Organen.

Vorläufige Mittheilung

von

Dr. phil. **C. Dormeyer.**

Die Angaben in der physiologisch-chemischen Literatur lassen keinen Zweifel über die Zuverlässigkeit der bisherigen quantitativen Methode der Bestimmung von Fett in thierischen Organen aufkommen. Dieselbe besteht bekanntlich darin, dass das getrocknete Organ mit siedendem Aether **mehrere Stunden** extrahirt wird.

Im Gegensatz dazu hat sich nun herausgestellt, dass es dem Aether nur sehr schwer gelingt, das Fett aus den Zellen herauszuholen und die Menge des Aetherextractes abhängig ist von der mehr oder weniger feinen Beschaffenheit des betreffenden Organpulvers und der Dauer der Extraction.

Die angestellten Versuche haben Folgendes ergeben:

1. Wenn man in vacuo getrocknetes und fein pulverisirtes Fleisch, und zwar sogar solches, das auf das sorgfältigste von sichtbarem Fett und auch vom Bindegewebe nach Möglichkeit befreit ist, so lange im Soxhlet'schen Apparat mit wasserfreiem Aether auszieht, bis nur noch ganz geringe Mengen von Fett erhalten werden, wozu etwa **100 Stunden** genügen, so ist trotz alle dem je nach den Bedingungen noch $^1/_5$—$^1/_4$ der zu bestimmenden Fettmengen in dem Fleischpulver enthalten.

2. Denn nachdem das Fleischpulver aufs Neue mehrere Stunden im Mörser zerrieben worden ist, erhält man bei erneuter Extraction mit Aether noch beträchtliche Fettmengen. Fährt man mit der Extraction, ohne zu pulverisiren, so lange fort, bis wieder zu vernachlässigende Fettmengen gewonnen werden, so ist abermals das Fleischpulver nicht erschöpft. Pulverisirt man dasselbe wiederum sehr energisch mehrere Stunden, so erhält man bei der Extraction abermals nicht zu vernachlässigende Fettmengen. Wiederholte ich die Procedur des Pulverisirens wieder und wieder, so gelangte ich selbst nach fast 5 monatlicher täglicher Extraction keineswegs zur Erschöpfung des Pulvers. Es bleibt zu beachten, dass die höchste Feinheit des Fleischpulvers erst erzielt werden kann, nachdem demselben die grössere Menge des Fettes entzogen worden ist. Der so gewonnene Aetherextract bestand der Hauptsache nach aus Neutralfetten. Die übrigen Bestandtheile: flüchtige und höhere Fettsäuren, Lecithin, Cholestearin und stickstoffhaltige Extractivstoffe waren darin in so geringer Menge vorhanden, dass man den Extract, ohne einen wesentlichen Fehler zu begehen, als Neutralfett in Rechnung ziehen darf.

3. Da es sich nach obigem als unausführbar herausstellte, durch Extraction mit Aether das getrocknete Fleisch an Fett zu erschöpfen, so wurde auf Vorschlag von Prof. Pflüger das so monatelang extrahirte Pulver durch Magensaft verdaut. Die erhaltene Lösung wurde alsdann mit Aether ausgeschüttelt. Es ergab sich dabei die auffällige Thatsache aus mehreren Versuchen, dass das Fleischpulver im Durchschnitt noch 0,75 % Fett enthielt. Nach der Verseifung mit alkoholischem Kali ergab das erhaltene Fett die berechnete Menge an Fettsäuren.

Die analytischen Belege und die genaue Angabe des Analysenganges werde ich in kurzer Zeit des Näheren mittheilen.

(Aus dem physiologischen Laboratorium in Bonn.)

Lässt sich durch mechanische Auslese des Fettes Fleisch von bestimmtem Nährwerth gewinnen?

Von

Heinrich Steil.

Bei Untersuchungen über den Stoffwechsel des Menschen und der Thiere liegt eine grosse Schwierigkeit in der Beurtheilung des Nährwerthes des Fleisches, weil dieses einen so wechselnden Fettgehalt nicht bloss von einem Thiere zum andern, sondern sogar von einem Muskel zum andern bei demselben Thiere darbietet. Wir finden Kuhfleisch, welches noch nicht 1 %, anderes, welches mehr als 15 % Fett enthält. (F. König II 191.) Es kann also der Fettgehalt des Fleisches an Gewicht den Eiweissgehalt erreichen, ja übertreffen, so dass das in diesem Fleisch enthaltene Fett an Nährwerth sämmtliche anderen Bestandtheile des Fleisches mit Einschluss des Eiweisses bei Weitem übertrifft. In anderen Fällen kann der Fettgehalt des Fleisches auch so sehr, bis etwa $^1/_2$ %, sinken, dass dann derselbe nur noch einen kleinen Bruchtheil des Nährgehalts ausmacht. Da man dem Fleische die Fetteinlagerung ansieht, die sich als eine weisse Marmorirung des sonst rothen Querschnittes darstellt, so sollte man meinen, dass sich der Fettgehalt eines gegebenen Fleisches annähernd schätzen liesse. Die in dem hiesigen Laboratorium ausgeführten zahlreichen Fettanalysen von Fleisch verschiedenster Herkunft haben aber ergeben, dass eine Schätzung in hohem Grade unsicher ist. Ja es kommt Fleisch vor, welches auf dem Querschnitt rein roth ist, im Allgemeinen keine Fetteinlagerung dem unbewaffneten Auge darbietet und trotzdem mehrere Prozent Fett enthält. Prof. P. Argutinsky hat besonders auffallend diese Thatsache am Musculus pectoralis der Taube im hiesigen Laboratorium feststellen können. Da also im allgemeinen

die Fettanalyse des Fleisches nicht umgangen werden kann, heutigen Tages aber die frühern quantitativen Methoden zur Bestimmung des Fettes nicht mehr als zuverlässig anerkannt werden können, so war eine erneute Prüfung der Frage geboten. Der Aufforderung des Herrn Professor Dr. Pflüger folgend, habe ich dieselbe unter seiner Leitung, so weit es meine beschränkte Zeit gestattete, zu bearbeiten mich entschlossen.

C. Voit ist der Erste, welcher zu Fütterungsversuchen durch mechanische Auslese des Fettes sich Fleisch von bestimmtem niederen Fettgehalte zu verschaffen suchte.

Die Literatur ergibt übrigens bereits, dass die bei der Auslese aufgewendete Sorgfalt, sowie die verschiedene Natur des Fleisches einen erheblichen Einfluss auf den Fettgehalt des geputzten Fleisches ausüben.

Als Beleg mögen folgende Analysen einiger Forscher angeführt werden, welche sämmtlich behaupten, das untersuchte Fleisch vor der Analyse von allem makroskopisch sichtbaren Fett sorgfältigst befreit zu haben.

Den niedrigsten Werth für den Fettgehalt gibt Grouven [1]) an, der bei einem magern Bullen 0,61 % gefunden hat. Eine bei derselben Gelegenheit von ihm mitgetheilte Analyse des Fleisches eines andern, ebenfalls magern Thieres lieferte das Resultat von 1,83 %. Lehmann [2]) fand bei der Untersuchung verschiedener Stücke im Maximum 2,3 %, im Minimum 1,5 %. Petersen [3]) untersuchte zuerst das Fleisch von verschiedenen Stellen desselben Thieres. Er bestimmte das Fett im Vorder- und Hintertheil, woraus sich ergab:

	Vorderschenkel	Hinterschenkel
Rind A	0,76 %	3,1 %
„ B	0,86 „	3,4 „

Eine sich über noch mehr Theile desselben Thieres erstreckende Analyse theilen Leyder und Pyro [4]) mit. Dieselben unter-

1) Grouven, Physiologisch-chemische Fütterungsversuche. 1864. S. 84.

2) Citirt bei Grouven a. a. O. S. 84.

3) Petersen, Die Schwankungen im Wasser-, Fett- und Stickstoffgehalt des Fleisches. Zeitschr. für Biol. VII. Bd. S. 173.

4) Leyden und Pyro, La viande de boeuf et la viande de cheval

suchten die Hals-, Bein-, Bauch- und Lendenmusculatur und fanden für:

Hals	1,28 %
Schwanzstück	0,92 „
Konterfilet	0,78 „
Filet	2,62 „

Es ist klar, dass die von verschiedenen Forschern erhaltenen Werthe an Fett von der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der zur quantitativen Fettbestimmung selbst angewandten analytischen Methode abhängig sind. Meist fehlen Angaben über die angewandte Methode der Fettbestimmung im Fleische, und grade dieses bietet ganz besondere Schwierigkeiten für die Beurtheilung. Meist wird nur erwähnt, dass zur Extraction des Fettes wasserfreier Aether verwandt worden sei.

Eines andern Extractionsmittels bediente sich Mène[1]), welcher in einer umfassenden Untersuchung über die Zusammensetzung des Fleisches des Pariser Schlachtviehes das Fett dadurch bestimmte, dass er aus dem feuchten Fleisch dasselbe mit Schwefelkohlenstoff entfernte. Die Ergebnisse seiner Arbeit sind aber von Bertram und Schäfer[2]) einer vernichtenden Kritik unterzogen worden, indem sie aus der Berechnung der von ihm gewonnenen Zahlen der einzelnen Bestandtheile und der Elementar-Analyse aufeinander den Beweis für die Unmöglichkeit seiner Zahlen erbrachten. Mène's Verfahren kann also für analytische Zwecke nicht mehr in Betracht kommen.

Salkowski[3]) empfiehlt ein Verfahren, das darin besteht, dass das Fleisch getrocknet, gepulvert und dann im Soxhlet'schen Apparate drei Stunden mit heissem Aether extrahirt wird. Die auf diese Weise für den Fettgehalt gefundenen Werthe sind aber,

---

recherche sur leur composition leur valeur et leur prix commercial. Journal de médicine de Bruxelles 1874. S. 473.

1) Mène Ch., Analyses de divers morceaux de viande de veau, de mouton, et de porc vendus courramment à la Halle de Paris en 1873 et 1874. Comp. rend. Tom. 79. p. 529.

2) J. Bertram und M. Schäfer, Mène's Analysen des Pariser Schlachtfleisches und ihr Werth. Zeitschr. f. Biol. Bd. XII. S. 558.

3) Salkowski, Prakticum der physiologischen und pathologischen Chemie.

wie Pflüger[1]) bei der Bestimmung des Fettes im Pferdefleisch nachgewiesen hat, zu niedrig. Während am ersten Tage aus der aufs feinste gepulverten Trockensubstanz von 3 bis 5 gr eine Menge von 120—150 mg Aetherextract gewonnen wurde, erhielt man am zweiten Tage noch 20, am dritten Tage noch 10 und in den folgenden 14 Tagen noch Quanta von 1 bis 5 mg. Den Grund für diese Thatsache fand Pflüger mit Recht darin, dass der Aether nur langsam in die Substanz eindringen und das Fett auflösen kann. Es kommt bei dem Ausziehen des Fettes mit Aether offenbar hauptsächlich darauf an, dass man dem Aether Gelegenheit bietet, wirklich bis zu dem Fette, welches er auflösen soll, hinzugelangen. Aus diesem Grunde hat Pflüger a. a. O. eine neue Methode angegeben, welche darin besteht, dass die thierischen Gewebe, in denen der Fettgehalt bestimmt werden soll, zuerst in 5, 10 bis 20 prozentiger Citronensäurelösung auf siedendem Wasserbad aufgelöst werden. Das Fett wird nach dem Erkalten abgeschöpft und die saure Lösung mit Aether ausgeschüttelt, in dem die Citronensäure nur sehr wenig löslich ist; die Aetherauszüge werden darnach mit Wasser ausgeschüttelt und darauf der Aether verdunstet. Die Auflösung mit heisser Citronensäure gelingt nicht bloss bei Fleisch, sondern auch bei den meisten andern Geweben, sogar bei Knochen.

Argutinsky[2]) wandte den Soxhlet'schen Extractor in der Weise an, dass er oft eine Woche lang auszog und das Fleisch nach ein- bis zweitägiger Behandlung pulverte, ehe der Prozess weiter fortgesetzt wurde. Zuweilen pulverte er noch ein zweites Mal. Die Resultate hierbei waren die, dass er die Hauptmenge am ersten Tage erhielt, am zweiten nur noch $^1/_{20}$ bis $^1/_{80}$tel der erstern und am Schlusse stets nur noch ganz geringe Mengen. Hiermit hielt er die Extraction für erschöpft. In der That sollte man glauben, dass, nachdem das Fleisch in fein gepulvertem Zustande 8 Tage lang ununterbrochen von siedend warmem fettfreien Aether (wie es im Soxhlet'schen Apparate ja der Fall ist) durchströmt war, nun auch die letzten Spuren von Fett aus demselben ausgewaschen sein müssten.

1) Pflüger's Archiv Bd. 51. S. 277.

2) Argutinsky, P., Ueber die elementare Zusammensetzung des Ochsenfleisches. Pflüger's Archiv. Bd. 55.

Indessen wies Dr. Dormeyer, der chemische Assistent des physiologischen Instituts, in einer im Bonner Laboratorium auf Veranlassung des Herrn Prof. Pflüger ausgeführten und erst durch eine vorläufige Mittheilung (siehe Seite 341) veröffentlichten Untersuchung nach, dass aus dem nach dieser Art behandelten Fleisch bei immer weiterem Pulverisiren und Ausziehen mit Aether sich noch bedeutende Mengen Fett erhalten lassen. Es zeigt sich also, dass, je weiter man die mechanische Zerkleinerung des Fleisches fortsetzte, um so mehr Fett ausgezogen wurde, ohne dass aber eine vollständige Erschöpfung auf diesem Wege selbst bei Monate lang fortgesetzter Behandlung zu erreichen war. Nach jedem neuen Pulverisiren kam zu der schon ausgezogenen Fettmenge ein neuer Summand hinzu; diese Summanden wurden zwar immer kleiner, lieferten aber trotztem fortgesetzt Beträge, deren Summe nicht zu vernachlässigen war. Da aus diesen Erfahrungen hervorging, dass durch das einfache mechanische Pulverisiren das Fett dem Eindringen des Aethers nicht genügend zugänglich gemacht werden konnte, soweit man auch das Pulverisiren treiben mochte, so kam Pflüger auf den Gedanken, das Fleisch dadurch der Fettextraction durch Aether zugänglich zu machen, dass dasselbe vorher durch die Magenverdauung aufgelöst würde. Dormeyer wandte dieses Verfahren auf Fleischpulver an, das bereits mehrere hundert Stunden im Soxhlet'schen Apparate unter fortgesetzt wiederholtem Pulverisiren behandelt worden war, und fand in demselben noch bis zu 0,75 % Fett im Durchschnitt.

Mit dieser Methode, erst das durch Verdauung aufgelöste Fleisch mit Aether auszuschütteln, war endlich ein Verfahren gefunden, mittelst dessen es gelingt, den ganzen Aetherextract des Fleisches ohne Rest zu erhalten, wie dies Dormeyer näher begründen wird. Da nach den Ergebnissen der Dormeyer'schen Versuche klar war, dass die Werthe aller bisherigen Fettbestimmungen zu niedrig sind, so habe ich diese Methode auf das magere Kuhfleisch angewandt, um zuverlässige Werthe über den Fettgehalt desselben zu erhalten. Diese Frage ist von der grössten Wichtigkeit sowohl für die Beurtheilung der ältern Stoffwechseluntersuchungen, bei denen, wie bei den Voit'schen, mageres Rindfleisch zur Fütterung verwandt wurde, als auch für das Urtheil darüber, ob man bei späteren Stoffwechselversuchen berechtigt ist, für mage-

res und von sichtbarem Fett möglichst befreites Fleisch — ohne Analyse — einen mittlern Fettwerth anzunehmen, beziehungsweise einen wie grossen Fehler man bei Annahme eines solchen Mittelwerthes machen kann. Voit[1]) hat bei seinen Untersuchungen, die ihm als Grundlage für die wichtigsten Fragen der Stoffwechsel-Lehre dienen, einen solchen mittleren Werth von 0,91 % angenommen. Da es wichtig ist, zu erfahren, wie Voit zu diesem Werthe gelangt ist, führe ich seine Bemerkungen über diesen Punkt hier an. Er sagt[2]): „Bei einer von mir gemachten Analyse liessen sich aus bei 100° getrocknetem reinem Fleisch 3,77 %, also aus frischem 0,91 % Substanz mit Aether ausziehen.“ Es scheint also darnach nur eine Analyse gewesen zu sein, nach der Voit seinen durchgehends für das gefütterte Fleisch bezüglich des Fettgehaltes gebrauchten Werth angenommen hat. Sechs Jahre später bemerkt Voit in einer Anmerkung zu einer Arbeit von Huppert[3]): „Ich habe zu meinen Versuchen nicht beliebiges Muskelfleisch, sondern nur das Fleisch ungemästeter ausgewachsener Rinder mit 0,9 % Fett, gefüttert.“ Dieselbe Angabe macht Voit auch in Hermann's[4]) Handbuch, obschon inzwischen bereits die Arbeit von Petersen sowie die von Leyder und Pyro erschienen waren, welche die Verschiedenheit des Fettgehalts in den verschiedenen Muskeln nachgewiesen hatten. Obwohl Voit schon gelegentlich der ersten Angabe der Zahl 0,91% die Bemerkung macht: „Ich behaupte auch nicht, dass sich das Fleisch absolut gleich bleibt, denn dies beweist sich ohne Analyse,“ so hat er doch thatsächlich diese Zahl seinen sämmtlichen Bilanzrechnungen zu Grunde gelegt, wohl offenbar in der Meinung, dass der Fettgehalt des magern gereinigten Fleisches nur unerheblichen Schwankungen unterworfen sei. Wenn nun Voit in seiner erwähnten Analyse 0,91 % Fett im Fleisch gefunden hat, so geht zunächst aus Dormeyer's Versuchen hervor, dass dieser Werth nur ein Theil des wirklich in

---

1) Voit, C., Ueber Zersetzungen der stickstoffhaltigen Stoffe im Thierkörper. Zeitschr. f. Biol. Bd. I. S. 95.

2) a. a. O. Der Belag für diese Analyse findet sich bei Bischoff und Voit: Gesetze der Ernährung des Fleischfressers. 1860. S. 304.

3) Huppert, H., Ueber den Stickstoffgehalt des Fleisches. Zeitschr. f. Biol. Bd. VII. S. 360.

4) Hermann, Handbuch der Physiologie. Bd. VI. 1. S. 249.

dem betreffenden Fleisch enthaltenen Fettes ausdrückt, dass also die Zahl jedenfalls zu niedrig war. Denn dass Voit damals im Besitze einer Methode gewesen sei, die eine wirklich vollständige Erschöpfung des Fleischpulvers mit Aether ermöglicht, ist wohl nicht wahrscheinlich. Ferner aber war die Frage, ob nicht die thatsächlich vorkommenden Schwankungen im Fettgehalt viel grösser sind, als von Voit offenbar angenommen worden war.

Der Plan meiner Versuche ging also dahin, durch Vornahme einer grössern Anzahl von Fettbestimmungen in möglichst magerm Fleische über diese Punkte Aufklärung zu erhalten. Betreffs der Ausführung derselben habe ich mich im Wesentlichen Dormeyer angeschlossen, doch nicht wie er, die Substanz getrocknet, und zunächst im Soxhlet'schen Apparat extrahirt, sondern gleich das feuchte Fleisch zur Verdauung gebracht. Ausserdem habe ich einige kleinere Abänderungen getroffen, weshalb ich kurz auf die Methode hier zurückkommen will.

Eine gewogene Menge Fleisch wurde in eine bestimmte Quantität Verdauungsflüssigkeit gebracht, und in den Brütofen gesetzt, wo eine Temperatur von circa 38—40° C. unterhalten wurde. Nachdem das der Magenverdauung unterliegende Gewebe aufgelöst war, was verschieden lange Zeit in Anspruch nahm (1 bis 3 Tage), schwamm das Fett auf der Flüssigkeit und wurde beim Filtriren auf dem Filter gewonnen oder vorher im Aether aufgelöst und mit einer Pipette abgehoben. Letzteres Verfahren eignet sich besonders dann, wenn das Fleisch sehr fetthaltig ist, indem in diesem Falle das Filter leicht undurchlässig wird. Das Filtrat wurde in einem grossen Scheidetrichter mit etwa der gleichen Menge Aether ausgeschüttelt, dann durch den Hahn des Scheidetrichters die Flüssigkeit von dem Aether getrennt und der letztere verdunstet. Mit der Flüssigkeit wurde dasselbe Verfahren so lange wiederholt, bis dieselbe mit Aether erschöpft war, was dann in der Regel eintrat, wenn 7 bis 8 mal je eine halbe Stunde mit immer neuem Aether intensiv geschüttelt worden war. Bisweilen wurde die Trennung von Aether und Flüssigkeit dadurch erschwert, dass der Aether nach dem Schütteln eine schleimig aussehende emulsionsartige Trübung zeigte, die erst nach stundenlangem Stehen sich niedersenkte und in der unter dem Aether stehenden Flüssigkeit verschwand. Dieser Schwierigkeit liess sich aber auf sehr einfache Weise dadurch begegnen, dass man den Scheidetrichter

unter der Wasserleitung abkühlte, wodurch dann die sofortige Trennung mit scharfer Grenzfläche eintrat. Ja, es genügte auch schon, wenn man mit der Wand des Scheidetrichters den kalten Steinfussboden berührte, um denselben Erfolg zu erzielen. Das Filter, welches die Hauptmenge des Fettes enthielt, wurde getrocknet, in Stücke zerschnitten und diese in die Papierhülse des Soxhlet'schen Apparates gebracht und 3—4 Tage je 10 Stunden extrahirt. Der Vorgang wurde dann mit neuem Aether wiederholt, worauf bei der folgenden Extraction meist kein Fett mehr zu erhalten war. Den gewonnenen Extract behandelte ich in der Weise, dass derselbe zuerst auf 80° C. erhitzt und dann wieder mit Aether aufgenommen wurde. Nachdem auch dieser verjagt war, wurde das Glas kurze Zeit bei 50° C. gehalten, dann im Exsiccator über Schwefelsäure bis zum Erkalten stehen gelassen und darauf gewogen.

Nachstehend noch einige Einzelheiten zu dem Verfahren.

Das untersuchte Fleisch stammt sämmtlich von frisch geschlachteten, magern Kühen aus dem hiesigen Schlachthause, wo es mir durch gütige Vermittelung des Herrn Schlachthausverwalters Kreisthierarzt a. D. Brebeck möglich war, die gewünschten Qualitäten und Quantitäten völlig frisch zu erlangen. Da die obenerwähnten Untersuchungen von Petersen sowie die von Leyder und Pyro grosse Schwankungen im Fettgehalt ergeben hatten, je nachdem das Material zur Untersuchung vom Vorder- oder Hintertheil genommen wurde, so benützte ich in Berücksichtigung dieser Thatsache ebenfalls Muskeln, die theils der vordern, theils der hintern Hälfte der Thiere angehörten, nämlich den Pectoralis, Glutaeus und Rectus cruris, Muskeln, bei denen, da sie bei der Arbeit der Thiere vorzugsweise thätig sind, schon von vorne herein, ein relativ geringer Fettgehalt zu erwarten war. Das Fleisch wurde, in Zinnfolie verpackt, in das physiologische Institut gebracht und sogleich verarbeitet. Zunächst wurde das aussen anhaftende Fett genau entfernt, dann das Fleisch mit Messer und Scheere so klein zerschnitten wie möglich, und jedes sich dem Auge als Fett darbietende Theilchen wiederum auf das sorgfältigste entfernt. Um zu zeigen, wie peinlich ich dabei vorging, bemerke ich, dass sogar die sichtbaren Nervenbestandtheile herauspräparirt wurden und dass durchgängig $1^1/_2$ Stunde nöthig waren, 80 gr auf diese Weise gereinigtes Fleisch zu erhalten. Dasselbe wurde sodann gründlich

durcheinander gemischt, zwischen Uhrschalen vertheilt und gewogen. Sehr gute Resultate lieferte auch das Abschaben des Fleisches mit dem Messer, ein Verfahren, das den Vorzug der grössern Schnelligkeit hat und bei etwas sorgfältiger Handhabung dieselben Ergebnisse liefert, wie ersteres, was C. Virchow[1]) nachgewiesen hat.

Die Verdauungsflüssigkeit habe ich aus Schweinemagen in der Weise gewonnen, dass die gereinigte Oberfläche der Schleimhaut mit einem stumpfen Messer abgeschabt und der so erhaltene schleimige Saft in eine Salzsäurelösung von 0,5 % gebracht wurde. Dieses Gemenge wurde einige Stunden bei circa 40 ° C. digerirt, dann abgegossen und filtrirt. Späterhin präparirte ich vom Magen, nachdem der mit Galle imbibirte Pylorus-Theil abgeschnitten war, die Schleimhaut herunter, zerschnitt sie in kleine Stücke und extrahirte kalt 3 bis 6 Stunden mit der Salzsäurelösung, goss ab und filtrirte wie vorher. Letztere Methode zog ich vor, weil bei ersterer das Filtriren durch den Schleim sehr erschwert wurde und längere Zeit in Anspruch nahm. Die so gewonnene Verdauungsflüssigkeit, von welcher zu den Analysen meistens je 100 ccm verwandt wurden, war nun selbst nicht frei von Fett; es musste daher bei jeder Analyse besonders bestimmt werden, wieviel Fett in der angewandten Verdauungsflüssigkeit schon vorher vorhanden war und diese Menge von der schliesslich erhaltenen in Abzug gebracht werden. Zur Bestimmung des in der Verdauungsflüssigkeit präformirten Fettes wurden in der Regel ebenfalls 100 ccm derselben genommen, genau in der oben beschriebenen Weise mit Aether ausgeschüttelt und das Fett in dem Aetherauszug bestimmt. Dabei wurden in 100 ccm Flüssigkeit Fettmengen von 8 bis 13 mgr gefunden.

Bei der Verdauung wurde, um dies hier zu erwähnen, das Fleisch nie vollständig aufgelöst, sondern es blieb in jedem Falle ein bald mehr körniger, bald mehr schleimiger Rückstand, über dessen Prozentgehalt ich, da sonst in der Litteratur darüber nichts zu finden ist, einige Angaben mache.

Es blieben unverdaut von:

10,86 gr Fleisch 0,0842 = 0,77 %.
10,48 „ „ 0,0909 = 0,86 „

1) R. Virchow's Archiv Bd. 84. S. 543.

9,81	gr Fleisch	0,1012	=	1,03 %
10,95	„ „	0,1141	=	1,04 „
10,33	„ „	0,0996	=	0,96 „
8,474	„ „	0,0362	=	0,42 „
10,19	„ „	0,0570	=	0,55 „
10,70	„ „	0,0655	=	0,61 „
10,20	„ „	0,0582	=	0,57 „

im Mittel also 0,76 % oder auf trocken bezogen bei einem Trockengewicht von 25,82 % = 2,94 %.

Ich gebe nunmehr in Folgendem die Ergebnisse meiner Versuchsreihen, die sich alle, wie bereits oben gesagt, auf feuchtes Fleisch beziehen.

Versuch I.

Von zwei Kühen wird das Fleisch vom Musculus Rectus cruris, Glutaeus und Pectoralis genommen, sorgfältig vorbereitet und die gereinigte Substanz in je 100 ccm Verdauungsflüssigkeit gebracht.

Es lieferte:

Kuh I.

Von	10,19 gr	Fleisch vom	Rectus	= 0,1049 gr	Fett	= 1,02 %.
„	10,48 „	„ „	„	= 0,1035 „	„	= 0,98 „
„	10,70 „	„ „	Glutaeus	= 0,0893 „	„	= 0,83 „
„	10,20 „	„ „	„	= 0,0828 „	„	= 0,81 „
„	10,80 „	„ „	Pectoralis	= 0,1095 „	„	= 1,00 „
„	9,81 „	„ „	„	= 0,0964 „	„	= 0,98 „

Kuh II.

Von 10,33 gr Fleisch vom Rectus = 0,1230 gr Fett = 1,19 %.
Kontrolprobe hiervon ging verloren.
Von 10,95 gr Fleisch vom Pectoralis = 0,3699 gr Fett = 3,37 %.
„ 8,48 „ „ „ „ = 0,2769 „ „ = 3,30 „

In übersichtlicher Darstellung:

	M. Rectus	M. Glutaeus	M. Pectoralis
Kuh I	1,02 %	0,83 %	1,00 %
„	0,98 „	0,81 „	0,98 „
Kuh II	1,19 „	—	3,37 „
„	—	—	3,30 „

Versuch II.

Benützt wird das Fleisch von M. Pectoralis und M. Glutaeus. Im Uebrigen wird wie bei Versuch I verfahren.

Es geben:

10,15 gr Fleisch von M. Pectoralis	0,0863 gr Fett	0,85 %
9,53 „ „ „ „ „	0,0839 „ „	0,88 „
10,17 „ „ „ M. Glutaeus	0,0842 „ „	0,82 „
10,05 „ „ „ „ „	0,0812 „ „	0,80 „

Da es mich interessirte zu erfahren, welchen Unterschied zwischen den Resultaten der von Salkowski empfohlenen und der von mir angewandten Methode besteht, beziehungsweise wieviel Prozent des Gesammtwerthes nach ersterer erhalten werden kann, wurde der Versuch dahin erweitert, dass eine dritte Probe von M. Pectoralis genommen, zunächst bei 100° C. getrocknet, vorsichtig gepulvert, dann in den Soxhlet'schen Extraktor gebracht und 5 Stunden[1]) mit warmen Aether behandelt wurde. Darauf wurde das Fleischpulver, nachdem von demselben der Aether verjagt worden war, noch der Verdauung unterworfen.

Es lieferte:

Die Extraktion:

Von 9,41 gr Fleisch von Pectorales 0,511 gr Fett = 0,54 %.

Die Verdauung:

Derselben Fleischmenge 0,0341 gr Fett = 0,36 %.

Gesammtfett = 0,90 %.

Die Bestimmung nach Salkowski lieferte also 60 % des Gesammtextracts.

Uebersicht über Versuch II:

M. Pectoralis	M. Glutaeus
0,88 %	0,82 %
0,85 „	0,80 „
0,90 „	—

Versuch III.

Benutzt werden M. Pectoralis und M. Rectus. Verfahren wie bei Versuch I.

1) Salkowski verlangt bloss 3 Stunden.

Es gaben:

9,18 gr Fleisch von Pectoralis 0,0905 gr Fett = 0,98 %.
9,20 „ „ „ Rectus 0,0773 „ „ = 0,84 „
10,06 „ „ „ „ 0,0825 „ „ = 0,82 „

Auch hier werden, wie bei dem vorigen Versuche, zur Vergleichung mit den Ergebnissen der Salkowski'schen Methode 2 Proben, wie oben angegeben, behandelt.

Es geben:

a. 9,41 gr Fleisch von M. Pectoralis:

1. bei der Extraktion 0,0549 gr Fett = 0,58 %.
2. bei nachträglicher Verdauung 0,0392 gr Fett = 0,42 %

Gesammtfett 1,00 %. Die Bestimmung nach Salkowski lieferte also 58 % des wirklichen Werthes.

b. 9,71 gr Fleisch von M. Rectus:

1. bei der Extraction 0,0621 gr Fett = 0,63 %.
2. bei nachträglicher Verdauung 0,0362 gr Fett = 0,37 %.

Gesammtfett 1,00 %. Nach Salkowski sind also nur 63 % des ganzen Werthes erhalten.

Uebersicht über Versuch III.

M. Pectoralis	M. Rectus
0,98 %	0,82 %
1,00 „	0,84 „
—	1,00 „

Die Ergebnisse der bisher berichteten Versuche beziehen sich alle auf äusserst sorgfältig von Fett befreites Fleisch. Um mir nun aber auch einen annähernden Begriff von dem Fettgehalt eines auch weniger peinlich ausgelesenen Stückes Fleisch zu bilden, wie dies ja zu Futterzwecken bei Stoffwechselversuchen wohl nur in Betracht kommen kann, unternahm ich den folgenden

Versuch IV.

Benutzt wird das Fleisch von M. Glutaeus von 2 Kühen und nach dem Plane etwas gröber als sonst präparirt. Da es sehr schwierig ist, von dem Grade der Reinigung des Fleisches durch die Präparation eine sichere Vorstellung zu geben, ich aber missverständliche Deutungen vermeiden möchte, bemerke ich, dass der ganze Unterschied gegen früher darin bestand, dass das Fleisch in weniger kleine Stückchen zerlegt wurde. Die Auslese des Fettes geschah bei diesem Versuche mit derselben Sorgfalt, wie bei den frühern, und wurde circa 1/2 Stunde gebraucht, um 60 gr zu gewinnen.

Die Resultate waren:

Für Kuh I.

Von 8,17 gr Fleisch 0,2125 gr Fett = 2,44 %.
„ 10,00 „ „ 0,2424 „ „ = 2,42 „

Für Kuh II.

Von 9,14 gr Fleisch 0,1796 gr Fett = 1,96 %.
„ 9,77 „ „ 0,1759 „ „ = 1,80 „

Uebersicht.

Kuh I	Kuh II
2,44 %	1,96 %
2,42 „	1,80 „

Versuch V.

Endlich habe ich, um zu zeigen, einen wie grossen Einfluss das sorgfältige Auslesen des Fleisches hinsichtlich des Fettgehaltes ausübt, und zugleich die Schwankungen zu zeigen, denen die Ausbeute an Fett je nach der Präparation unterliegt, noch einen Versuch hier zugefügt, in welchem Kuhfleisch von M. Pectoralis benutzt wurde, das nicht von einem ausgesucht magern Thier stammt, aber trotzdem dem Ansehen nach nur wenig Fett zu enthalten schien. Von diesem Fleische wurde eine Portion ohne weitere Vorbereitung in Arbeit genommen; die andere in der oben beschriebenen sehr sorgfältigen Weise von allem sichtbaren Fett befreit.

Es ergab sich:

a. Aus dem gereinigten Fleisch:

Von 10,04 gr Substanz 0,2350 gr Fett = 2,33 %.
„ 10,06 „ „ 0,2240 „ „ = 2,23 „

b. Aus dem ungereinigten Fleisch:

Von 11,28 gr Substanz 1,0402 gr Fett = 9,22 %.
„ 10,22 „ „ 0,9739 „ „ = 9,53 „

Uebersicht.

Gereinigtes Fleisch	Ungereinigtes Fleisch
2,33 %	9,22 %
2,23 „	9,53 „

Es finden sich bei sämmtlichen Versuchen Verschiedenheiten grösserer oder kleinerer Art bei Fleisch derselben Muskeln bezüglich des Fettgehaltes. Dieselben erklären sich aber leicht einmal daraus, dass selbst beim exactesten Präpariren manchmal ein Theilchen Fett stehen bleibt, das bei der geringen Menge des Fettes gleich ins Gewicht fällt, sodann aber auch aus dem ungleichmässigen Fettgehalt der Muskeln. Will man diese Unterschiede in den Resultaten vermeiden, so darf man nicht mit feuchtem Fleisch arbeiten, sondern muss trocknen und pulverisiren, wobei eine fast homogene Substanz erzielt wird.

Ich habe im Vorherigen stets Fett und Aetherextract als gleichwerthige Begriffe gebraucht und kann dies auch nach Dormeyer's Angaben. Aus demselben Grunde habe ich auch keine Untersuchungen über die Natur des Aetherextrakts gemacht, sondern verweise in dieser Beziehung auf Dormeyer's Arbeit.

Ich stelle nun in Folgendem zwecks besserer Uebersicht die einzelnen Werthe für den Fettgehalt hier zusammen.

	M. Rectus	M. Glutaeus	M. Pectoralis
Versuch I			
Kuh I	1,02	0,83	1,00
	0,98	0,81	0,98
Kuh II	1,19	—	3,37
	—	—	3,30
Versuch II	—	0,82	0,88
	—	0,80	0,85
	—	—	0,90
Versuch III	0,82	—	0,98
	0,84	—	1,00
	1,00	—	—
Versuch IV[1])			
Kuh I	—	2,44	—
	—	2,42	—
Kuh II	—	1,96	—
	—	1,80	—
Versuch V[2])	—	—	2,33
	—	—	2,23

1) Betrifft das Fleisch, welches bei der Präparation weniger sorgfältig zerkleinert wurde. 2) Betrifft das weniger magere Fleisch.

Aus vorstehender Tabelle ergibt sich zunächst, dass es unmöglich ist, eine Mittelzahl festzustellen, da die einzelnen Werthe zu weit auseinander gehen und völlig abhängig sind von dem Grade der Präparation und den individuellen Schwankungen im Fettgehalt. Daher kann ich auch die Angabe Voit's, dass mageres Kuhfleisch einen Fettgehalt von 0,91 % besitze, weder bestätigen noch auch derselben eine andere Zahl gegenüber stellen.

Es ist vielmehr nöthig, dass der Fettgehalt des Fleisches in jedem einzelnen Falle durch eine neue Analyse festgestellt wird. Dass der von Voit gefundene Werth jedenfalls niedriger war, als der wirkliche Fettgehalt des von ihm untersuchten Fleisches, wurde bereits oben begründet. Wenn ich auch in einer Anzahl von Bestimmungen ähnliche Zahlen erhalten habe, so wird dadurch die Richtigkeit der Voit'schen Werthe nicht etwa bestätigt, da meine Resultate der thatsächliche Ausdruck des im Fleische vorhandenen Fettes sind und nicht, wie bei ihm, nur einen Theilwerth des Ganzen darstellen. Neben dem Unterschiede in der Methode der Fettanalyse fällt zudem bei der Vergleichung meiner Werthe und Voit's Zahlen noch ein weiterer Umstand ins Gewicht, das ist die Art der Vorbereitung des Fleisches. Ein derartig sorgfältiges Auslesen und Reinigen des Fleisches, wie ich es in meinen Versuchen angewandt habe, würde bei Fütterungsversuchen, in welchen $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Kilo Fleisch zu verarbeiten sind, einfach undurchführbar sein, da die Zubereitung einer Tagesportion nicht einige Stunden sondern Tage erfordern würde. Voit gibt an, dass er mit seinem Diener manchmal 3—4 Stunden gebraucht habe, um 1500—2000 gr fettfreies Fleisch zu gewinnen. Ich habe um 80 gr zu erhalten, durchschnittlich $1^1/_2$ Stunde gebraucht.

Ich fasse die Ergebnisse meiner Arbeit in folgenden Sätzen zusammen:

I. Ein Mittelwerth für den Fettgehalt im magern Fleische lässt sich nicht aufstellen.

II. Voit's Werth von 0,91 % für den Fettgehalt im magern Kuhfleisch entspricht in keiner Weise den thatsächlichen Verhältnissen.

III. Mit Salkowski's Methode der Fettbestimmung im Fleische gelang es mir nur ca. 60 % des Gesammtfettwerthes zu erhalten.

IV. Die Angabe von Petersen, dass der Fettgehalt des Rindes im Hintertheil bedeutend grösser sei, als im Vordertheil, habe ich nicht bestätigt gefunden.

Am Schlusse der Arbeit ist es mir eine angenehme Aufgabe, Herrn Geheimrath Pflüger für die gütige Ueberlassung des Themas und die freundliche Unterstützung bei Anfertigung der Arbeit meinen herzlichsten Dank zu sagen. Desgleichen thue ich dies den Herren Privatdocent Dr. M. Bleibtreu und Assistent Dr. Dormeyer für ihr bereitwilliges Entgegenkommen.

(Aus dem physiologischen Institute der k. k. Universität in Graz.)

Ueber Gewinnung, Eigenschaften und Wirkungen des Darmsaftes vom Schafe.

Von

Dr. **Fritz Pregl,**
Assistenten am Institute.

Mit 2 Abbildungen.

Seit Ludwig Vella[1]) Thiry's Methode[2]) der Anlegung von Darmfisteln am Hunde in sinnreicher und zweckentsprechender Weise abgeändert hat, wurde von verschiedenen Experimentatoren zu den verschiedensten Zwecken eine beträchtliche Anzahl von Hunden nach Vella operirt. Es muss auffallend erscheinen, dass diese bewährte Methode nur ein einziges Mal, und zwar von Lehmann[3]), am Pflanzenfresser angewendet wurde.

Dieser Umstand allein lässt es wünschenswerth erscheinen, Versuche über die Dünndarm-Verdauung der Pflanzenfresser anzustellen, umsomehr, als Lehmann zu dem auffallenden Resultate gekommen ist: „Der Darmsaft der Ziege besitzt keinerlei verdauende Wirkung."

Die Versuche, über die ich hier berichte, wurden am Lamm angestellt.

Da sich die Art der Operation und Nachbehandlung, wie sie in diesem Falle geübt wurde, in manchen Dingen von der

1) Ludwig Vella, Neues Verfahren zur Gewinnung reinen Darmsaftes und Feststellung seiner physiologischen Eigenschaften. Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, XIII. Bd., 1888, S. 40–74, mit 2 Tafeln.

2) L. Thiry, Ueber eine neue Methode, den Dünndarm zu isoliren. Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Bd. L, S. 1–15 mit 1 Tafel.

3) Karl B. Lehmann, Eine Thiry-Vella'sche Darmfistel an der Ziege. Pflüger's Archiv f. Physiologie, 33. Bd. 1884, S. 180—187.

Vella'schen Methode unterscheidet, soll in einem besonderen Abschnitte das Operationsverfahren und in einem zweiten die Nachbehandlung ausführlich erörtert werden.

1. Das Operationsverfahren.

Als oberster Grundsatz galt dabei, wie bei jeder andern Operation, die gewissenhafteste Beobachtung der Regeln der modernen Aseptik.

Diesen entsprechend wurden die Tupfer, Gazestoffe und die Seide im Dampftopf gehörig sterilisirt und in 0,1%iger Sublimatlösung bereitgehalten, die mit Seife und Bürste reingeputzten Instrumente unmittelbar vor der Operation eine Stunde lang in ½procentiger Sodalösung ausgekocht und danach in Tassen mit 5%iger Phenollösung gelegt, die Hände und Vorderarme der an der Operation Betheiligten nach Fürbringer[1]) desinficirt.

Das Versuchsthier, ein 7—8 Wochen altes Lamm erhielt unmittelbar vor der Operation, am 6. Juni 1894, nachdem es seit 24 Stunden keine Nahrung bekommen, subcutan 2 Pravaz-Spritzen einer 4%igen Morphium muriaticum-Lösung, also 0,08 gr des Morphinsalzes, zum Zwecke der Narcose. Da sich binnen 15 Minuten kein Erbrechen einstellte, wie es bei Hunden nach Morphium-Injectionen regelmässig vorzukommen pflegt, wurde das somnolente Thier am Operationstische an den vier Beinen in Rückenlage gefesselt. Nachdem das Abdomen vom Nabel bis zu den Poupart'schen Bändern und den Genitalien gründlich eingeseift, rasirt und nach Fürbringer desinficirt worden war, konnte das ganze Operationsfeld und dessen Umgebung bis auf die Stelle des Hautschnittes mit sterilisirter Sublimatgaze bedeckt und zur Operation geschritten werden.

Der etwa 5—6 cm lange Hautschnitt begann circa 3 cm unter dem Nabel und verlief streng in der Mittellinie. Nach Stillung der Blutung aus den zahlreichen subcutanen Venen wurde das der Linea alba beim Menschen entsprechende breite Fascienblatt und das ihm anhaftende Peritoneum vorsichtig mit dem

---

1) P. Fürbringer, Untersuchungen und Vorschriften über die Desinfection der Hände des Arztes nebst Bemerkungen über den bacteriologischen Charakter des Nagelschmutzes. Wiesbaden, 1888, Verlag von J. F. Bergmann.

Scapell durchschnitten und der Schnitt über dem in die Peritonealhöhle eingeführten Finger, entsprechend der ganzen Länge des Hautschnittes, proximal und distal mit der Scheere verlängert.

Durch die entstandene Oeffnung prolabirte nun ein grosser Theil des Dünndarmes, sowie sich auch Theile des Magens und des grossen Netzes vordrängten. Ein erfolgreiches Zurückhalten der wieder reponirten Partien wäre mindestens schwierig, ermüdend und umständlich, wenn nicht geradezu unmöglich gewesen.

Deshalb schloss ich die Bauchwunde provisorisch mit zwei starken, durch die ganze Dicke der Bauchwand hindurchgehenden Seidennähten, nachdem alles bis auf das zu isolirende Darmstück reponirt worden war. Die Entfernung dieser beiden Nähte von einander war so gewählt, dass zwischen ihnen nur die beiden Enden des nun ausserhalb der Bauchhöhle befindlichen Darmstückes ohne Schädigung durchtreten konnten. Dieser Kunstgriff ist sehr empfehlenswerth: man erspart viel Zeit und Mühe und kann dann ungestört die Darmnaht ausführen.

Nun wurde eine von makroskopisch sichtbaren Gefässen freie Stelle des Mesenteriums knapp vor seinem Ansatze an den Darm sowohl am zu- als auch am abführenden Theile des zu isolirenden Darmstückes mit einer geschlossenen anatomischen Pincette durchstossen und durch die entstandenen Lücken je ein starker Ligaturfaden durchgezogen.

Durch Ausstreichen der Darmschlinge zwischen den Fingern gelang es ihren Inhalt in die innerhalb der Bauchhöhle befindlichen Darmpartien zu befördern, worauf der Darm mit den beiden Fäden für die Dauer der weiteren Operation unterbunden werden konnte. Etwa 2 cm von jeder Ligaturstelle entfernt wurde mit der Scheere ein Schnitt quer durch den Darm geführt und noch etwa 3 cm weit in das Mesenterium verlängert, ohne dabei ein grösseres Mesenterialgefäss zu verletzen. Grössere, aus der Darmwand dabei erfolgende arterielle Blutungen stillt man durch Compression (Abklemmen mit einer Sperrpincette) und, falls dies allein nicht hilft, durch nachfolgende Ligatur.

Da das durch die beiden Schnitte isolirte Darmstück (ca. 50 cm lang) trotz des Ausstreichens noch einen Inhalt besass, mussten auch seine Enden provisorisch ligirt werden.

Leider erwies sich die Anlegung von Ligaturen um den Darm nicht als vollkommen zureichend, um das Austreten von

kleinen Mengen Darminhalt sicher zu verhindern, da man die Ligaturen nicht so fest zuziehen darf, wie es für einen sicheren Verschluss nöthig wäre, ohne den Darm der Gefahr einer nachfolgenden Necrose auszusetzen. Ausserdem befand sich auch im Darme dieses Lammes eine Taenia expansa, Rud., deren Anwesenheit insoferne sehr unerwünscht war, als man sich, wenn man die lange Taenie aus dem Darme herauszöge, der Gefahr des Verspritzens von Darminhalt aussetzte, wenn man sie dagegen belässt, die Ligatur schlecht schliesst. Auch deshalb würde sich vielleicht statt der Ligatur ein von den Chirurgen schon lange benützes Compressorium zur Absperrung des Darmes weit besser eignen.

Nun handelte es sich darum, das proximale mit dem distalen Darmstücke zu vereinigen. Da das Lumen des Lammsdarmes noch viel enger ist als das des Hundsdarmes, liegt bei Anlegung der circulären Darmnaht, wie sie gewöhnlich geübt wird, die Gefahr einer Stenose oder gar einer Obstruction nahe, woran auch die erste, von Lehmann[1]) operierte Ziege zugrunde gegangen ist. Und wenn man auch die Darmnaht noch so sorgfältig anlegt, immer wird durch die Lembert'schen Nähte der Nahtwulst in's Lumen des Darmes eingestülpt; nach der Heilung hat man an dieser Stelle eine circuläre Narbe von geringerem Durchmesser als der Durchmesser des übrigen Darmes, die dazu noch, wie alle Narben, die Tendenz hat zu schrumpfen.

Vella wich diesen Folgen der circulären Darmnaht durch sein Verfahren aus. Dieses bestand darin, dass er die Schleimhaut an den beiden Darmenden entfernte und danach die an diesen Stellen übrigbleibende Muscularis und Serosa in der Weise durch eine fortlaufende Steppnaht vereinigte, dass der Nahtwulst nach aussen zu liegen kam; darüber legte er noch eine Kürschnernaht an.

Dieses Verfahren Vella's kommt dem in neuerer Zeit von Dr. Ernst Kummer in Genf[2]) angegebenen im Principe gleich, und unterscheidet sich nur darin, dass Vella die Schleimhautenden nicht vereinigt, wie es Kummer thut, und Letzterer die

1) Lehmann l. c. S. 181.

2) Dr. Ernst Kummer in Genf, Experimentelles über submucöse Resection von Darm und Magen. Langenbecks Archiv 42 p. 534. Vorgetragen am 2. Sitzungstage des XX. Congresses der deutschen Gesellschaft für Chirurgie zu Berlin am 2. April 1891.

Enden der nach der Abtragung der Schleimhaut übrigbleibenden Muscularis und Sorosa nach innen schlägt, wodurch der Nahtwulst allerdings nach aussen zu liegen kommt und die vereinigten Darmstücke sich aber nicht mit ihren Wundflächen, wohl aber mit ihren Serosaflächen berühren.

Wie ersichtlich, erfordern beide Methoden die Trennung der Darmwand im Bereiche der Submucosa in zwei Manchetten, deren innere (Mucosa und Muscularis mucosae) entfernt wird. So gerne ich die Kummer'sche Naht versucht hätte, musste ich doch davon Abstand nehmen, da nicht nur das Lumen des Lammsdarmes eng, sondern auch seine Wand sehr dünnn ist, daher eine Trennung im erwähnten Sinne nicht zulässig erscheint.

Deshalb wurde von einer Verlagerung des Nahtwulstes nach aussen abgesehen, dafür aber durch eine besondere Art der Anfrischung der zu vereinigenden Darmenden, wie sie aus beigedruckter Figur 1 hervorgeht, das Lumen an der Nahtstelle weiter gemacht.

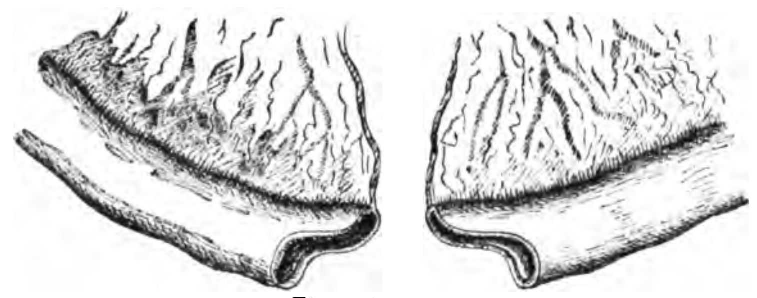


Fig. 1 (nat. Gr.).

Aehnliches wurde schon früher von Madelung durch eine schräge, aber geradlinige Anfrischung zu erreichen gesucht; in diesem Falle muss es aber bei der darauffolgenden Vernähung an der dem Mesenterium gegenüberliegenden Stelle der Naht zu einem gegen das Darmlumen ziemlich scharf vorspringenden Sporn und an der Seite der Mesenterialinsertion zu einer eckigen Ausbuchtung kommen, die einer nachträglichen Perforation eher förderlich als hinderlich zu sein scheint.

Diese Uebelstände werden, wie sich später zeigen wird, bei meinem Verfahreu vermieden.

Es ist gut, nach erfolgter Anfrischung mit der Scheere noch so lange zu warten, bis die durch den Schnitt bedingte Reizung und Umstülpung der Darmenden abgenommen hat.

Als Nähmaterial dienten feine Madelung'sche Darmnadeln und feinste Nähseide, wie sie für Conjunctivalnähte verwendet wird.

Die Vereinigung der in der angegebenen Weise angefrischten Darmenden wurde nach der in der Chirurgie üblichen Weise mit drei Etagen-Nähten ausgeführt und mit der Anlegung der innersten Etage, den Schleimhautnähten nach Wölfler, begonnen. Diese, etwa sieben, erstreckten sich bloss auf die der Mesenterialinsertion anliegende Hälfte der Darmperipherie und wurden vom Lumen aus angelegt, so also, dass ihre Knöpfe in dieses zu liegen kamen. Die zweite Etage bestand aus etwa 15 der von Czerny zuerst angegebenen seromusculären Nähte, die in der ganzen Peripherie des Darmes angelegt wurden, wobei die grösste Sorgfalt auf die sichere Vereinigung des Darmes in der Gegend der Mesenterialinsertion, der Praedilectionstelle für Perforationen, verwendet wurde. Die dritte Etage bildeten an der ganzen Peripherie etwa 20 Lembert'sche Nähte.

Der so genähte Darm zeigt keine eckigen, sondern nur sanft geschwungene Contouren und ist an der Nahtstelle deutlich weiter als sonst. (Siehe Fig. 2.)

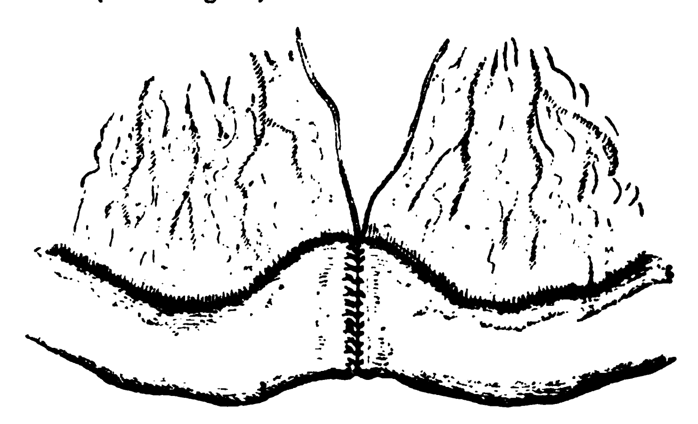


Fig. 2 (nat. Gr.).

Dadurch bin ich sowohl der Gefahr einer primären, als auch einer später auftretenden Stenose, wie die Folge lehrt, vollkommen ausgewichen.

Von einer Naht des Mesenteriums musste ganz abgesehen werden, da eine Annäherung der Mesenterialränder durch das dazwischen befindliche isolirte Darmstück unmöglich gemacht wurde.

Nach sorgfältiger Reinigung sämmtlicher ausserhalb der Bauch-

höhle befindlicher Därme mit aseptischen Tupfern und Entfernung der provisorischen Ligaturen und Nähte wurde alles bis auf die beiden offenen Enden des isolirten Darmstückes reponirt und das Fascienblatt mit dem daran anhaftenden Peritoneum durch Knopfnähte soweit geschlossen, dass die beiden Darmenden eben Platz genug hatten in der Mitte der linearen Wunde nebeneinander durchzutreten. Nun folgte die Befestigung der beiden Darmenden mit feinen Seiden-Knopfnähten sowohl durch Vereinigung der einander zugekehrten Serosaflächen, als auch durch Annähen ihrer übrigen Peripherie an die freigebliebenen Wundlefzen der Bauchfascie. Nach Bestäubung der noch klaffenden Hautwunde mit Jodoformpulver wurde auch diese, aber mit starken Knopfnähten bis zu den Darmenden hin geschlossen, und letztere überdies noch mit feinen Nähten an ihrer Peripherie mit der Haut vereinigt.

In die beiden offen daliegenden Fistelöffnungen kamen nun zwei 3 cm lange, sehr weiche Drainröhrchen, deren freie Enden mit je zwei Nähten an der benachbarten Haut fixirt wurden.

Mit Rücksicht auf frühere vergebliche Versuche, einem Darmfistelhunde einen Verband anzulegen, wurde dies bei diesem Thiere nicht versucht und dafür die mit Jodoform bestäubte äussere Wunde mit feinen Watteflöckchen bedeckt und mit Collodium elasticum befestigt.

2. Die Nachbehandlung.

Das so operirte, von der Narkose noch somnolente Thier kam nun in einen grossen Käfig und wurde sorgfältig zugedeckt.

Am Operationstage erhielt das Lamm Abends, als es sich schon besser befand, $^1/_4$ Liter frischer Milch, und an den drei darauffolgenden Tagen etwa $^1/_2$—1 Liter in kleinen Portionen. Vom 5. Tage an zeigte sich das Thier schon ganz munter und bekam von nun an regelmässig Grünfutter. Jetzt fand sich auch im Käfig der erste weiche, der ausschliesslichen Milchkost entsprechende Koth vor. Am 5. Tage wurden auch die Drainröhrchen entfernt; dabei ergoss sich eine grosse Menge eiterähnlicher Flüssigkeit, die durch die mit Schleimflocken vollgepfropften Drainröhrchen an ihrem Abflusse gehindert wurde. Es würde sich deshalb empfehlen, die Drains künftighin schon früher, am 3. Tage zum Beispiele, zu entfernen.

Das eiterähnliche Aussehen der abgeflossenen, stark alkalisch reagirenden Flüssigkeit war hauptsächlich durch Beimischung einer beträchtlichen Menge von Resten aufgenommener pflanzlicher Nahrungsmittel zum Darmsafte bedingt, sowie durch die Anwesenheit jener runden, mit Eosin stark färbbaren, kernlosen Körperchen, die einen constanten Bestandtheil des Darmsaftes bilden.

Am 8. Tage war die Wunde vollkommen per primam geheilt, die Nähte wurden entfernt und das Thier zum ersten Versuche verwendet.

Etwa 14 Tage nach der Operation war eine kleine Eversion der Schleimhaut des Darmes aus der proximalen Fistelöffnung zu bemerken. Ihre Hautumsäumung hatte sich von Tag zu Tag mehr erweitert, wodurch immer mehr Schleimhaut vortrat, so dass es am 20. Tage nach der Operation nothwendig erschien, diesem Processe durch Anfrischung und Vernähung des proximalen Theiles des Fistelrandes ein Ende zu setzen. Doch umsonst, die Nähte schnitten nach zwei Tagen durch, und der status quo ante war wieder erreicht. Die Eversion der Schleimhaut steigerte sich allmählich zum Prolaps, der am 36. Tage einen so bedenklichen Grad erreicht hatte, dass etwas dagegen gethan werden musste. Da der Vorwurf hätte gemacht werden können, dass früher nicht ausgiebig genug angefrischt worden sei, wurden diesmal breite Wundränder geschaffen, von der prolabirten Darmwand in der Ausdehnung von ca. 4 cm^2 die Schleimhaut entfernt, und durch eine geeignete Anlegung der Nähte so weit unter die vereinigten Hautränder emporgezogen, dass der Prolaps vollkommen verschwunden war.

Leider war auch diese Mühe vergebens, denn in drei Tagen schnitten die Nähte wieder durch, und der Prolaps sah noch trostloser aus als früher: die Hautöffnung war durch die energische Anfrischung weiter geworden, und der theilweise wunde Darm überragte die umgebende Haut um 2 cm.

Von nun an nahm natürlich der Prolaps täglich an Grösse zu, bis ich einmal den Versuch machte, einen Verband mit sehr breiten Mullbinden anzulegen. Wider Erwarten zeigte es sich damals, dass er festsitzt, und zwar ist es, im Gegensatze zum glatthaarigen Hunde, beim Schafe die Wolle, die ein Verrücken der Binden weniger leicht zulässt.

Der Erfolg dieses, durch 24 Stunden unverrückt gebliebenen

Verbandes war günstiger, als man es erwartet hätte: der Prolaps war vollkommen in die Bauchhöhle zurückgetreten und die Hautöffnung hatte sich um mehr als um die Hälfte verkleinert. Auch dies war nur ein ephemerer Erfolg, denn als man das Thier Tags darauf ohne Verband liess, war wieder ein Prolaps aufgetreten, der allerdings bei weitem nicht seine frühere Grösse erreichte.

Dies war ein Fingerzeig, dem Thiere regelmässig Verbände anzulegen.

Dabei zeigte es sich, dass Mullbinden-Verbände bezüglich des Unverrücktbleibens nicht verlässlich sind. Man kann den Verband noch so sorgfältig angelegt haben, je nach den Bewegungen des Thieres ereignet es sich doch öfter, dass die einzelnen Bindentouren zu einem das Abdomen einschnürenden Strange zusammenrutschen; dieser treibt den Prolaps überdies noch stärker hervor. Vollkommen verlässlich erwiesen sich Kleister- oder „Blaue Binden"-Verbände, die nur den Nachtheil besitzen, dass ihre Anlegung umständlich ist.

Vollends bewährt sich eine eigens dazu gefertigte Bandage aus doppeltem Barchent von 45 cm Länge und 15 cm Breite, an deren einen Breitseite drei Hosenschnallen angenäht sind, und von deren anderen drei 30 cm lange, riemenartige Streifen aus gleichem Stoffe ausgehen. An der Aussenseite der rechteckigen Bandage sind der Breite nach sechs Fischbeinrippen aufgesteppt, um das Einrollen vollkommen unmöglich zu machen. Der mittlere Theil ihrer Innenseite ist durch eine doppelte Lage von aufgenähtem Billroth-Battist vor Durchfeuchtung mit Secret geschützt.

Die Anlegung dieser Binde ergiebt sich von selbst; erwähnenswerth scheint nur, dass auf die Fistel und ihre durch öfteres Rasiren kahl und rein erhaltene Umgebung zuvor immer ein Bauschen entfetteter Watte gelegt wurde. Nicht ein einziges Mal ist der Fall vorgekommen, dass sich die Bandage verschoben hätte, überdies ist das Anlegen und Abnehmen derselben so leicht und rasch auszuführen, dass dieses practische Geräthe nicht nur zu dem besprochenen Zwecke, sondern auch in andren Fällen als Thierverband Anwendung verdient, wenn nur sein Princip den jeweiligen Bedürfnissen entsprechend angewendet wird.

Unter diesen Verbänden ist nicht nur der Prolaps dauernd geheilt, ja, es verengte sich die Hautöffnung nach zweimonatlichem Tragen der Binde so stark, dass letztere ganz weggelassen wer-

den musste, was schon zu einer kleinen Frweiterung führte, und da diese nicht genügte, sogar Dilatationen vorgenommen werden mussten.

Im Hinblicke auf den Umstand, dass in der Literatur kein einziger Fall von geheiltem Prolaps bei Thieren mit künstlichen Darmfisteln verzeichnet ist, kann der Schluss gezogen werden, dass zur erfolgreichen Bekämpfung eines Darmfistelprolapses bei Thieren die consequente Anlegung von gut sitzenden Verbänden bisher das einzige und ein vollkommen sicheres Mittel ist.

Es erübrigt noch auf die Thatsache aufmerksam zu machen, dass der Prolaps, von dem bisher die Rede war, nur das proximale, d. h. dem Nabel näher gelegene Darmende betraf, während sich das distale in keiner Weise an der Bildung des Prolapses betheiligte. Auch Lehmann[1]), der seine Ziege des gangränös gewordenen Prolapses wegen tödten musste, spricht nur von einem Prolapse. Daraus, und aus dem Umstande, dass von den beiden Kathetern, die behufs Gewinnung von Darmsaft in die beiden Fisteln eingeführt wurden, der vordere jedesmal herauszurutschen drohte, während der hintere unverrückt festsass, glaube ich folgern zu müssen, dass nebst andern Umständen die Richtung der Peristaltik im isolirten Darmstücke von ausschlaggebender Bedeutung für die Entstehung des Prolapses ist.

Da die Peristaltik eine distal ablaufende Formveränderung des Darmes ist, lässt sich der Schluss ziehen, dass das vordere Fistelende bei dem in Rede stehenden Versuchsthiere dem distalen Ende des isolirten Darmstückes entspricht, wenn man annimmt, dass die nach den Versuchen von Grützner[2]) physiologischer Weise neben der Peristaltik vorkommende Antiperistaltik auch in diesem Falle nur von untergeordneter Bedeutung sei. Es wäre allerdings noch die immerhin sehr ferneliegende Möglichkeit zu erwägen, ob nicht unter den geänderten Verhältnissen, wie sie sich nach Anlegung einer Darmfistel vorfinden, die Antiperistaltik etwas mehr zur Geltung kommt, ja, ob sie nicht vielleicht sogar über

---

1) Lehmann l. c. S. 187.

2) Grützner, Vortrag, gehalten in der physiologischen Abtheilung der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wien am 26. September 1894. (Deutsche medic. Wochenschrift 1894, Nr. 48.)

die Peristaltik überwiegt. Die Entscheidung letzterer Frage kann in diesem Falle sicher nur unter Mitbenützung der schon mitgetheilten Beobachtungen durch die Autopsie gebracht werden.

Hier sei auch noch erwähnt, dass sich schon S. Fabini und M. Luzzati[1]) an nach Vella operirten Hunden mit der Entscheidung der Frage beschäftigten, ob es eine antiperistaltische Bewegung des Darmes gebe oder nicht, und dass sie dabei niemals ein Resultat erhielten, welches für das Vorkommen einer Antiperistaltik gesprochen hätte.

Fasst man also die Peristaltik in's Auge, dann ist es auch erklärlich, warum man bei nach Thiry's Methode operirten Hunden bald grosse Prolapse, bald wieder keine Spur davon beobachten konnte, je nachdem man das zu- oder abführende Ende des isolirten Darmstückes in die Bauchwunde einnähte. Thiry hat die conische Verengerung des Fistelendes als Prophylacticum gegen den Prolaps angegeben. Im verflossenen Jahre hätte ich Gelegenheit, einen Hund nach Thiry zu operiren, ohne jedoch die conische Verengerung anzubringen, und trotzdem acquirirte dieser nicht nur keinen Prolaps, sondern die Fistel zog sich vielmehr immer mehr und mehr ein, verengte und schloss sich vollkommen, als das Thier die Ferien über nicht sondirt wurde. Diesem stehen andere Fälle gegenüber, bei denen trotz der conischen Verengerung des Fistelendes ein Prolaps zu Stande kam.

Wie man daraus ersehen kann, kommt es bei der Bildung oder Nichtbildung eines Prolapses nicht wesentlich auf die von Thiry empfohlene conische Verengerung des Fistelendes an.

Ich bin aber weit davon entfernt, annehmen zu wollen, dass die peristaltische Welle (Welle: im Sinne einer Fortpflanzung einer Formveränderung) und deren Richtung im isolirten Darmstücke die einzige Ursache der Entstehung eines Prolapses sind. Denn sonst könnte man sich die günstige therapeutische Wirkung eines Verbandes bei einem bestehenden Prolapse nicht erklären.

Die durch die Eingeweide belasteten und straff gespannten Bauchdecken sind es, die den narbigen Hautrand der Fistel so stark dehnen, dass der seiner besten Stütze beraubte Darm infolge

1) S. Fabini und M. Luzzati, Zur Physiologie des Darmes. Moleschott's Untersuchungen 13. Bd., 1888, p. 386—390.

der peristaltischen Welle durch die weite Oeffnung ausgetrieben wird. Entspannt man den Fistelrand, indem man die Bauchdecken durch einen Verband entlastet, dann findet man auch in kurzer Zeit, wie schon erwähnt, die Fistelöffnung enge, und der reponirte Darm bleibt in der Bauchhöhle.

Diese Ueberlegungen stehen auch mit der Thatsache im Einklange, dass man mit der Anlegung von Verbänden so lange fortfahren muss, bis sich der Hautrand der Fistel zu einer straffen, nunmehr undehnbaren Narbe consolidirt hat.

3. Die Gewinnung des Darmsaftes.

Um Darmsaft zu gewinnen, wurde zuerst in Seitenlage des Thieres auf dem Tische in beide Fisteln je ein Katheter eingeführt, wie es Dobroslawin[1]) angiebt, nur mit dem Unterschiede, dass er seinen nach Thiry operirten Hunden nur einen Katheter einführen konnte.

Diese Katheter stellt man sich in der Weise her, dass man von einem neuen, weichen englischen Katheter mit einem schräg geführten Schnitt soviel abschneidet, dass das gefensterte Ende eine Länge von 12 cm beträgt. In dieses werden noch zwei Reihen von je vier Fenstern geschnitten, die dem schon vorhandenen an Grösse gleichkommen[2]).

1) Dr. Alexis Dobroslawin, Beiträge zur Physiologie des Darmsaftes. Untersuchungen aus dem Institute für Physiologie und Histologie in Graz. Herausgegeben von Alexander Rollett, Leipzig, Verlag von Wilh. Engelmann 1870.

2) Dieselben beiden Katheter kann man in sehr einfacher Weise für die elektrische Reizung zu Elektroden umgestalten. Zu diesem Behufe steckt man das Ende eines nicht sehr dünnen Platindrahtes durch ein vorgestochenes Loch an der Spitze des Katheters durch und zieht es beim obersten Fenster heraus um eine doppelte Oese zu machen, wodurch der Draht beim Anziehen an der Spitze fixirt ist. Hier biegt man ihn um und lässt ihn den Katheter entlang bis zum schief zugeschnittenen Ende verlaufen, an das er durch eine Reihe eng nebeneinander liegender Bindfadentouren befestigt wird, die zum Schlusse noch mit heissem Paraffin überstrichen werden. Dieses Ende des Drahtes wird auch oesenförmig eingerollt, und daran werden die behufs Isolirung durch feine Kautschukschläuche durchgezogenen Leitungsdrähte angehängt, und an den Polenklemmen der secundären Spirale eines Dubois-Raymond'schen Schlitteninductoriums eingeklemmt. Wie ersichtlich, kommt bei dieser Anordnung in jede Fistel nur je eine Elektrode.

Später liess ich mir zwei Katheter aus Glas herstellen[1]), die eine Länge von ca. 11 cm und zwei Reihen von je fünf seitlichen Löchern besitzen, also ganz ähnlich geformt sind, wie die eben besprochenen, elastischen. Sie haben auch eine Krümmung, die einem Radius von etwa 8 cm entspricht. Wegen der Gefahr des Zerbrechens, das, wenn es in der Fistel stattfände, für das Versuchsthier sehr verhängnissvoll sein könnte, ist es nothwendig, dass die Glaskatheter sehr sorgfältig gekühlt sind, was bei diesen wirklich der Fall ist, da sie trotz mehrmonatlichen Gebrauches nicht den geringsten Schaden gelitten haben. Von der Gefahr des Zerbrechens abgerechnet verdienen die Glaskatheter vor den elastischen unbedingt den Vorzug, insbesondere was Reinlichkeit anbetrifft.

Hierauf musste das Thier in aufrechter Stellung für die Dauer der Gewinnung des Darmsaftes immobilisirt werden, was in ganz zweckentsprechender Weise mit sehr einfachen Mitteln erreicht werden konnte.

An der Breitseite einer Tischplatte waren zwei Eisenringe in einer gegenseitigen Entfernung von 55 cm eingeschraubt. In diese konnte man einen um Weniges längeren Stab aus hartem Holze mit in diesen eingelassenen Haken einhängen. Die vier Extremitäten des Versuchsthieres wurden nun in Hosen gesteckt, die mit Hanfbändern entgegen der üblichen Weise so an den über dem Thiere befindlichen Stab befestigt waren, dass die Hosen für die Hinterbeine am Kopfende, die der Vorderbeine am hintern Ende des Stabes angebunden waren. Sobald die Hosen in der beschriebenen Weise am Thiere und am Stabe angebracht waren, konnte das Lamm sofort durch Einhängen des Stabes in die Eisenringe am Tische und loses Anbinden seines Halses an das Tischbein hinreichend immobilisirt werden.

Nun wurde ein kleiner Glastrichter, dessen Rohr durch ein Loch einer langen Binde gesteckt war, über die vorragenden Katheterenden gestülpt und durch Knüpfen des Bandes am Rücken befestigt. An den über das Trichterrohr fest aufgeschobenen durchbohrten Kork wurde eine Eprouvette, oder besser ein Einsatzgläschen einer Gärtner'schen Kreiselcentrifuge angesteckt, wo-

1) In der Glasbläserei von Gustav Eger in Graz, Maiffredy-Gasse 10.

durch die Gewinnung und Reinigung des Darmsaftes in demselben Gefässe, also ohne Verlust ausgeführt werden konnte.

In dieser Weise ward es ermöglicht ganz ungestört durch eine bis zwei Stunden ununterbrochen Darmsaft zu gewinnen; länger aber nicht, da sonst das Thier infolge der Immobilisirung unruhig wurde.

Deshalb, und weil das Lamm in weit geringerem Maasse das Bedürfniss zeigt, sich, wenn es sich selbst überlassen ist, niederzulegen, als ein Hund, wurde in letzter Zeit die Gewinnung von Darmsaft ohne Immobilisirung des Thieres vorgenommen und das Lamm nur an seinem Halse mit einer langen Hanfschnur an ein Tischbein befestigt. Soweit es ihm die Schnur gestattete, ging es mit den in der schon angegebenen Weise eingeführten Kathetern und dem darüber befestigten Trichter und dem Sammelgläschen im Zimmer umher und verhielt sich sogar ruhiger, als wenn es immobilisirt worden wäre, namentlich wenn ihm etwas Futter aufgestreut worden war. Nicht ein einzig Mal ist dabei der Fall eingetreten, dass das Thier auch nur den Versuch gemacht hätte, sich niederzulegen.

4. Die Menge des Darmsaftes.

Die Menge des Darmsaftes, der in der besprochenen Weise gewonnen wurde, beträgt in den ersten 3 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme ca. 5 gr pro Stunde, sinkt bis zur fünften Stunde auf drei gr und behält diesen Werth bis zur 24. Stunde nach der letzten Nahrungsaufnahme. Die angegebenen Mengen stellen Mittelwerthe aus Bestimmungen dar, die zu verschiedenen Zeiten — an einem Tage höchstens zwei Bestimmungen — gemacht wurden.

Man erkennt daraus, dass sich die Secretion von Darmsaft beim Lamme von der, wie sie für den Hund bekannt ist, bezüglich der Menge wesentlich unterscheidet. Während es beim Hunde eine sich an die Nahrungsaufnahme anschliessende Periode der Secretion giebt, an die sich eine Periode anschliesst, in welcher die Secretion vollkommen schweigt, besteht beim Lamme eine continuirliche Absonderung, die nur in den ersten Stunden nach der Nahrungsaufnahme gesteigert ist.

Es ist nicht uninteressant sich zu erinnern, dass Eck-

hard[1]) auch an der Parotis des Schafes fand, dass sie continuirlich secerniere, zwar nicht immer mit der gleichen Geschwindigkeit, aber ohne völlige Unterbrechung. Diese Beobachtung an der Parotis des Schafes wurde kurz darauf noch von Schröder[2]) bestätigt.

Auffallend ist ferner die Thatsache, dass, wenn einmal durch eine Stunde Darmsaft gewonnen wurde, in der daraufforgenden halben Stunde regelmässig fast ebensoviel zu erhalten war, als in der unmittelbar vorhergehenden ganzen Stunde. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, dass die durch die eingeführten Katheter erfolgende mechanische Reizung der Darmwand erst in der dritten halben Stunde nach Beginn der Gewinnung von Darmsaft sich in ihrer ganzen Stärke geltend macht.

Zur Zeit, als der Prolaps am grössten war, konnte man in den ersten Stunden nach der Mahlzeit 8—10 gr Darmsaft gewinnen. Ich hielt dies damals für normale Mengen, doch war es später leicht sich zu überzeugen, dass die nach Heilung des Prolapses gewonnenen Werthe die richtigen sind, da sie mit den vor Entstehung des Prolapses erhaltenen Werthen in Einklang stehen, dass man es also in diesem Falle infolge katarrhalischer Affection der prolabirten Schleimhaut mit einer pathologischen Steigerung der Secretion zu thun hatte. Aehnliche Beobachtungen machte schon Lehmann[3]) an seiner Ziege und Gumilewski[4]) an Hunden.

Ludwig Vella fand zuerst, dass Injectionen von Pilocarpin die Darmsecretion erheblich zu steigern vermögen. Dreimal wurde am Lamm dieser Versuch angestellt, indem jedesmal 0,01 gr Pilocarpin injicirt wurden; immer traten vermehrte Harn-, Kothund Schweissabsonderung, sowie Speichel- und Thränenfluss auf,

---

1) C. Eckhard, Der Sympathicus in seiner Stellung zur Secretion in der Parotis des Schafes. Beiträge zur Anatomie und Physiologie, Giessen 1867, IV, p. 49.

2) L. Schröder, Versuche über die Innervation der Glandula parotis, Dissert. Dorpat. 1868. Nach dem Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie im Jahre 1867. Herausgegeben von Henle, Keferstein und Meissner, Leipzig u. Heidelberg, C. F. Winter'sche Verlagsbuchhandlung 1868.

3) Lehmann l. c. S. 183.

4) Gumilewski, Ueber Resorption im Dünndarm. Pflüger's Archiv für Physiologie Bd. 39, 1886, S. 563 u. 564.

aber eine Vergrösserung der Darmsaftmenge war in keinem Falle festzustellen.

Einen ebenso negativen Erfolg hatte die elektrische Reizung, trotzdem der Strom so stark gemacht wurde, dass das Thier unter seiner Wirkung etwas unruhig ward. Auch hier möge man sich an das Verhalten der Parotis des Schafes gegen Reize erinnern. Eckhard[1]) theilt mit, dass die Reizung der mit der Drüse in Verbindung stehenden Nervenäste aus dem Gebiete des Trigeminus und Facialis ganz ohne Einfluss auf die continuirliche Secretion waren, ebenso ändere die Reizung der Mundschleimhaut nicht merklich die Secretion der Parotis; Schröder[2]) will dagegen, allerdings nur selten, gesehen haben, dass die Reizung der Mundschleimhaut ohne Einfluss auf die Absonderung der Ohrspeicheldrüse blieb.

5. Einige Eigenschaften des Darmsaftes.

Die ersten Portionen des jeweils gewonnenen Darmsaftes sind gewöhnlich mehr oder weniger blutig infolge der Verletzung der Schleimhaut bei der Einführung der Katheter. Die späteren Portionen zeigen eine weingelbe Farbe, sie sind nicht durchsichtig, sondern nur durchscheinend und schwach fadenziehend.

Auch der Darmsaft des Lammes besteht, so wie es Dobroslawin[3]) zuerst für den des Hundes nachgewiesen hat, aus zwei Antheilen, einem flüssigen und einem darin aufgeschwemmten, der entweder nasenschleimähnliche Flocken bildet, oder festere, gelblich weisse Klumpen von breiiger Beschaffenheit vorstellt. Letztere findet man namentlich, wenn das Versuchsthier einige Tage nicht zur Gewinnung von Darmsaft benützt worden war, bei der Einführung der Katheter aus den Fistelöffnungen hervortreten und sie dürften im Wesentlichen jener Masse entsprechen, die L. Hermann[4]), W. Ehrenthal u. M. Blitstein[5]), u. M. Beren-

1) Eckhard l. c.

2) Schröder l. c.

3) Dobroslawin l. c.

4) L. Hermann, Ein Versuch zur Physiologie des Darmcanals. Pflüger's Archiv f. Physiologie, Bd. 46, S. 93.

5) W. Ehrenthal und M. Blitstein, Neue Versuche zur Physiologie des Darmcanals. Pflüger's Archiv f. Physiologie, Bd. 48, S. 74.

stein[1]) an Hunden als Inhalt von resecirten Darmstücken, die durch eine circuläre Vernähung ringförmig in sich selbst geschlossen und nach Herstellung der Continuität des übrigen Darmes in die Bauchhöhle versenkt wurden, gefunden und als „Ringkoth" bezeichnet haben.

Die mikroskopische Untersuchung dieser Flocken und Klümpchen zeigt, dass sie grösstentheils aus runden, scharfcontourirten Gebilden bestehen, die sich mit Eosin intensiv roth färben, in denen aber in der Regel durch Methylenblau kein Kern nachweisbar ist. Ausserdem fanden sich darin Unmassen von Bacterien, namentlich Coccen. Darmepithelien wurden sonst nie beobachtet, ausser ein einziges Mal, als wegen Verengerung der Fistelöffnung länger dauernde Sondirungen vorgenommen werden mussten, um die Katheter einführen zu können. Man konnte jedoch schon aus dem Aussehen erkennen, dass man es hier nicht mit spontan abgestossenen Epithelien, sondern mit Epithelfetzen zu thun hatte, die beim Sondiren von der Schleimhaut abgeschabt worden waren.

Bei Zusatz von Essigsäure trüben sich diese Flocken und bleiben bei weiterem Zusatze von Essigsäure getrübt; sie enthalten demnach nachweisbare Mengen von Mucin.

Der Geruch des Darmsaftes vom Lamme ist eigenthümlich aromatisch; im Vergleiche zu dem des Darmsaftes vom Hunde finde ich den Geruch sowohl quantitativ stärker als auch qualitativ etwas verschieden.

Auf Zusatz von wenig Essigsäure, wobei Schäumen auftritt, trübt sich der Darmsaft, und diese Trübung nimmt auch noch bei weiterem Essigsäurezusatze zu, bis sie sich bei überschüssiger Säure zu dichten, opacen Flocken zusammenballt, wie dies für das Mucin bekannt ist.

Die Reaction des Darmsaftes ist sehr stark alkalisch. Der Grad der Alkalescenz wurde auf maassanalytischem Wege unter Beobachtung der für die Titration von kohlensauren Alkalien bekannten Cautelen mehrmals bestimmt. Angenommen, dass die alkalische Reaction nur von neutralem Natriumcarbonat herrührt, ergaben sich in 100 gr Darmsaft nach den vier vorliegenden Bestimmungen folgende Mengen dieses Salzes:

---

1) M. Berenstein, Ein Beitrag zur experimentellen Physiologie des Dünndarmes. Pflüger's Archiv f. Physiologie, Bd. 53, S. 52.

20. Juli 1894	0,644
13. März 1895	0,424
14. März 1895	0,378
21. März 1895	0,369
Mittel:	0,454

Der gefundene Mittelwerth stimmt fast genau mit den Angaben, die Gumilewski[1]) für den Darmsaft des Hundes macht; er bestimmte ihn auf 0,44—0,45 %.

Die Dichte des dünnflüssigen Antheiles des Darmsaftes wurde viermal im Piknometer ermittelt und folgende Werthe gefunden:

	Dichte
am 20. Juni 1894 . . .	1,0144
am 13. März 1895 . . .	1,0139
am 14. März 1895 . . .	1,0159
am 21. März 1895 . . .	1,0129
Mittel:	1,01427

Beim Vergleiche dieses Mittelwerthes und der von Lehmann für den Darmsaft der Ziege mitgetheilten Dichte von 1,0187, mit den von Thiry[2]) mit 1,0107 und Dobroslawin[3]) mit 1,0112 für den Hundedarmsaft angegebenen Werthe ergiebt es sich, dass die Dichte des Succus enterieus der Pflanzenfresser (Lamm und Ziege) grösser ist als beim Hunde.

Beim Kochen des neutralisirten, flüssigen Antheiles des Darmsaftes fällt ein reichliches Hitzecoagulat aus. Er enthält demnach bedeutende Mengen nativen Eiweisses, und neben diesem auch noch Globulin, das beim Kochen mit ersterem gleichzeitig ausfällt, wie aus folgendem Versuche hervorgeht.

Eine Portion Darmsaft wurde mit der ungefähr 15fachen Menge destillirten Wassers verdünnt, hierauf eine Stunde lang Kohlensäure durchgeleitet, wobei eine beträchtliche Trübung auftrat, und schliesslich durch eine Stunde in der grossen Centrifuge des physiologischen Institutes, die durch einen 3pferdekräftigen Gasmotor getrieben wird und ca. 1200 Touren in der Minute macht, der Wirkung der Flichkraft ausgesetzt. Das dadurch erhaltene

---

1) Gumilewski l. c. S. 565.

2) Thiry l. c. S. 11.

3) Dobroslawin l. c. S. 81.

weissliche Sediment löste sich fast vollständig auf Zusatz von concentrirter ClNa-Lösung auf. Diese Lösung gab dann beim Kochen ein Hitzecoagulat.

Das erste Filtrat vom Hitzecoagulat des neutralisirten Darmsaftes ist eine milchig trübe, nach wiederholtem Filtriren schwach opalisirende Flüssigkeit, die mit conc. Salpetersäure zwar keinen Niederschlag giebt, die sich aber beim Erhitzen mit ihr strohgelb, und bei nachherigem Zusatze von Ammoniak schwach orange färbt. Auch die Zuckerwasser-Schwefelsäure- und die Millon'sche Reaction geben ein schwach, aber sicher positives Resultat, wie auch die Biuretreaction positiv ausfällt, woraus folgt, dass dieses vom Hitzecoagulat getrennte Filtrat noch Eiweisskörper enthält. Diese lassen sich nach Ansäuerung mit Essigsäure durch Zusatz von Ferrocyankalium ausfällen. Das Filtrat von diesem Niederschlage erweist sich als frei von Eiweiss-Körpern und giebt die Biuretreaction nicht, woraus man erkennt, dass der Darmsaft des Lammes keine Peptone enthält, und dass darin ausser nativem Eiweiss und Globulin noch Eiweisskörper, und zwar wahrscheinlich Albumosen, enthalten sind.

Reinigt man frisch gewonnenen Darmsaft von seinen festen Bestandtheilen durch öfteres Centrifugiren, wozu eine Gärtner'sche Kreiselcentrifuge[1]) benützt wurde, dann erhält man über der ausgeschleuderten Masse, auch trotz oftmaligen Centrifugirens, keine klare, sondern eine gelbliche opalisirende Flüssigkeit, die sich in ein anderes Gefäss in dünnem, gleichmässigem Strahle übergiessen lässt. Bleibt nun dieser so gereinigte Darmsaft längere Zeit, etwa die Nacht über in einer Temperatur von wenig über 0° stehen, so tritt eine Aenderung seines Aggregatzustandes auf, die sich dadurch kenntlich macht, dass jetzt der Darmsaft, der sich bezüglich seiner Opalescenz und Farbe nicht augenscheinlich ge-

---

1) Da die der Axe der Centrifuge zunächst gelegenen Enden der Einsatzgläser bei starkem Abziehen der Centrifuge leicht gegen den Deckel geschleudert werden und zerbrechen, ist es sehr zweckmässig, auf jedes Gläschen einen passend geformten Kork in der Weise aufzusetzen, dass es sich, wenn der Deckel einmal aufgeschraubt ist, nicht mehr nach oben bewegen kann. Seit ich diese Einrichtung traf, ist es auch nicht ein einziges Mal vorgekommen, dass ein Glas zerbrochen wäre, selbst wenn die Centrifuge mit grosser Gewalt in Bewegung gesetzt wurde.

ändert hat, beim Uebergiessen in ein anderes Gefäss wie eine dünne Gallerte in ungleichmässigem, bald dickerem, bald dünnerem Strahle fliesst, und sonach aus von einander gesonderten, fester zusammenhängenden Klümpchen verschiedener Grösse zu bestehen scheint. Man gewinnt den Eindruck, als ob hier ein geringer Grad einer Gerinnung eingetreten wäre.

Es handelt sich beim Gallertigwerden des Darmsaftes offenbar um eine Erscheinung, die jener ganz ähnlich ist, die Claude Bernard am Pankreassafte beobachtete, und die er folgendermaassen beschreibt:

„Lorsque le suc pancréatique est maintenu dans une température basse, sa matière organique se décompose beaucoup plus lentement et elle peut être conservée quelque temps. Seulement il arrive souvent que, dans ces circonstances, à la température de $+5^0$ à $+6^0$ cent., la masse se prend comme une gelée[1].“

Hat der Darmsaft einmal in der gekennzeichneten Weise durch Stehen in der Kälte die gallertige Beschaffenheit angenommen, dann genügte oft schon einmaliges Centrifugiren, um ihn in eine ganz klare, weingelbe, gleichmässig dünne Flüssigkeit und einen sehr leichten, zusammenhängenden, weisslichen Bodensatz zu scheiden, welch letzterer sich unter dem Mikroskope als aus einer Menge jener Gebilde bestehend erwies, welche die Hauptmasse des schleimigen und breiigen Antheiles des Darmsaftes ausmachen. Ausser diesen fanden sich darin stets Krystalle vor, die sich durch ihre characteristische Form als solche von phosphorsaurer Ammon-Magnesia verriethen.

Letzterer Umstand war Veranlassung, den Darmsaft auf Harnstoff zu prüfen. Dazu wurde eine Menge von etwa 6 cm^3 frisch gewonnenen, centrifugirten Darmsaftes verdünnt, neutralisirt und gekocht, das Filtrat vom coagulirten Eiweiss auf dem Wasserbade eingedampft, der Rückstand mit Alkohol extrahirt und filtrirt. Der mit einem in rauchende Salpetersäure getauchten Glasstabe umgerührte Trockenrückstand des alkoholichen Filtrates zeigte unter dem Mikroskope neben einigen wenigen Verunreinigungen rhombische Krystalle, wie sie dem salpetersauren Harnstoff entsprechen.

---

1) Claude Bernard, Leçons de Physiologie expérimentale appliquée à médecine, faites au Collège de France. Paris, Baillère 1856. Tom. II, p. 241.

Dieser Krystallbrei wurde nun gewaschen und mit Barytwasser bis zum Eintritte alkalischer Reaction versetzt, das Ganze gut umgerührt, mit Wasser verdünnt und filtrirt, das Filtrat wieder eingedampft, dieses wieder mit Alkohol extrahirt, nochmals filtrirt, und schliesslich der Alkohol aus diesem Filtrate am Wasserbade verjagt. Der so erhaltene Rückstand zeigt nun folgende Reactionen:

1. auf dem Objectträger mit rauchender Salpetersäure versetzt entstehen kleine, rhombische Krystalle;

2. beim Erhitzen in einem kleinen Röhrchen zersetzt er sich unter Bildung eines Sublimates, mit dem man die Biuretreaction anstellen kann;

3. auf Zusatz von bromirter Natronlange tritt Schäumen auf.

Es ist somit sichergestellt, dass der Darmsaft des Lammes Harnstoff enthält. Dieser Fund ist für den normalen Darmsaft zwar ganz neu, hat aber dennoch nichts Befremdendes an sich, da, wie Claude Bernard[1]) in seinen „Leçons sur les propriétés des liquides" mittheilt, Harnstoff auch im Speichel und Magensafte nachgewiesen worden sei.

Zweimal wurden quantitative Bestimmungen des Harnstoffs im Darmsafte nach des maassanalytischen Methode von Liebig ausgeführt; das eine Mal davon während des Ganges der später mitzutheilenden quantitativen Analyse des Darmsaftes. Es ergab sich dabei ein Gehalt des flüssigen Antheiles des Darmsaftes an Harnstoff von

0,267 % und
0,229 %, also
im Mittel: 0,248 %.

Schliesslich sei noch eine quantitative Analyse des Darmsaftes, und zwar nur des dünnflüssigen Antheiles desselben, mitgetheilt, welche in folgender Weise am 21. März 1895 ausgeführt wurde.

Eine gewogene Menge frisch gewonnenen und durch wiederholtes Centrifugiren gereinigten Darmsaftes wurde mit der sechsfachen Menge destillirten Wassers verdünnt und in diesem so verdünnten Darmsafte der Grad der Alkalescenz durch Titration mit

1) Claude Bernard, Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme. II Tom. Paris, Baillère et fils, 1859. Tom. II, p. 29.

Zehntel-Normal-Schwefelsäure bestimmt. Der Indicator, welcher dabei benützt wurde, der Lackmusfarbstoff wurde dem verdünnten Darmsafte nicht als Tinctur zugesetzt, weil dadurch Unrichtigkeiten der weiteren Analyse zustande gekommen wären, sondern kam als gut bereitetes, d. h. violettes Lackmuspapier in Verwendung, welches feucht auf eine weisse Porcellanplatte gelegt wurde, um darauf nach jedem Zehntel-Cubikcentimeter zugesetzter Titerflüssigkeit einen kleinen Tropfen des verdünnten Darmsaftes mit einem Glasstabe behufs Prüfung der Reaction aufzutragen. Vor jeder solcher Prüfung war die untersuchte Flüssigkeit am Wasserbade durch einige Zeit der Siedehitze ausgesetzt worden, einerseits um die beim Zusatze der Probesäure entstehende Kohlensäure, welche sonst die Lackmusreaction stören würde, zu verjagen, andrerseits aber, um das durch Kochen coagulirbare Eiweiss, das Serin und Serumglobulin auszufällen. Beim Kochen trübt sich die Flüssigkeit anfänglich nur leicht und diffus, später jedoch, wenn man der neutralen Reaction näher gekommen ist, und vollends wenn diese erreicht ist, ballt sich das Coagulat zu festen Flocken zusammen, von denen es sich sehr leicht abfiltiren lässt, wobei man ein vollkommen klares Filtrat erhält, und die nachher noch am zuvor gewogenen Filter gewaschen wurden.

Es ist naheliegend, dass die alkalische Reaction des Darmsaftes von Carbonaten herrührt; ferner dürfte es richtig sein, anzunehmen, dass alles Carbonat als Natriumcarbonat vorliegt, woraus dann folgt, dass das bis zur Herstellung neutraler Reaction zugesetzte und gemessene Volumen von Zehntel-Normal-Schwefelsäure lediglich dazu gedient haben muss, alles Natriumcarbonat in neutrales Natriumsulfat überzuführen. Aus dem Volumen der zugesetzten Probesäure wurde die diesem entsprechende Menge Natriumcarbonat und das Gewicht des bei der Titration entstandenen Natriumsulfates berechnet; letzteres, um es von den im weiteren Verlaufe der Analyse bestimmten Gewichten der feuerbeständigen Bestandtheile in Abzug zu bringen.

Das Gewicht des am gewogenen Filter gesammelten und im Luftbade bei 110 °C getrockneten Eiweiss-Niederschlages wurde bestimmt und hierauf Filter und Niederschlag verascht, wobei es sich sowie bei den Untersuchungen Thiry's ergab, dass das veraschte Eiweiss keine wägbaren Mengen von feuerbeständigen Substanzen hinterlassen hat.

In dem auf ein kleines Volumen eingeengten Filtrate, welches zuvor mit dem Waschwasser vereinigt worden war, erzeugte ein Zusatz von etwa der 10fachen Menge absoluten Alkohols eine sehr zarte, feinflockige Trübung, die neben anderen in Alkohol un- oder schwerlöslichen Substanzen, namentlich Salzen, von gefälltem Mucin und von Albumosen herrührt. Mit diesem Niederschlage wurde ebenso verfahren wie mit dem vorigen, nur dass selbstredend nicht Wasser, sondern Alkohol zum Waschen am gewogenen Filter in Verwendung kam. Hierauf wurde wieder das Gewicht des Niederschlages und seiner Asche ermittelt. Die Differenz dieser beiden Gewichte ist in der folgenden Tabelle als das Gewicht der Albumosen angeführt.

Das mit dem Alkohol, der zum Waschen des letzten Niederschlages gedient hat, vereinigte alkoholische Filtrat wurde in einer vorher gewogenen Abdampfschale zur Trockene eingedampft, gewogen und in 20 cm² destillirten Wassers aufgenommen; die eine Hälfte dieser Lösung diente zur Bestimmung des Harnstoffs nach der maassanalytischen Methode von Liebig, die zweite Hälfte wurde wieder eingedampft, gewogen, verascht und das Gewicht der Asche bestimmt. Aus diesen Bestimmungen wurde das Gewicht der feuerbeständigen, in Alkohol löslichen Substanzen, das der nicht feuerbeständigen Körper mit Ausschluss des Harnstoffs und das Gewicht des Harnstoffs berechnet.

Hier folgen nun die Ergebnisse aller dieser Bestimmungen:

Dichte: 1,0129.		In 1000 Theilen:
Menge des Darmsaftes	7,847 gr	1000,000
Natriumcarbonat	0,029 „	3,696
Serin und Serumglobulin	0,142 „	18,097
Albumosen und Mucin	0,010 „	1,274
Andere organische Substanzen mit Ausschluss des Harnstoffs	0,026 „	3,313
Harnstoff	0,018 „	2,294
Gesammtasche nach Abzug der berechneten Menge von Na_2SO_4	0,010 „	1,274
Feste Bestandtheile	0,235 gr	29,848
Menge des Darmsaftes	7,847 „	1000,000
Wasser	7,612 gr	970,052

6. Wirkungen des Darmsaftes.

a) Auf Eiweisskörper.

Bringt man eine Fibrinflocke mit Darmsaft (ca. 4 cm^3) in einer Eprouvette zusammen und setzt das Ganze im Brutschranke einer Temperatur von 38—40° C. aus, dann bemerkt man nach 12—24 Stunden höchstens die Veränderung, dass die früher opake, weissliche Fibrinflocke jetzt eine Spur durchsichtiger geworden ist und eine der Farbe des Darmsaftes entsprechende schwache Gelbfärbung erhalten hat. Andere Veränderungen als diese, wie z. B. Verminderung des Volumens der Fibrinflocke, Zerfall oder gar Lösung derselben, konnten selbst nach 14tägiger Digestion im Brutschranke, wie dies zu wiederholten Malen geschehen ist, nicht beobachtet werden. Auch waren Peptone im Darmsaft, mit dem durch längere Zeit Fibrin im Brutschranke digerirt worden war, ebensowenig nachweisbar wie in frisch gewonnenem Succus entericus, da das Filtrat vom Ferrocyankalium-Essigsäure-Niederschlage mit der Biuretreaction niemals ein positives Resultat ergab.

Ferner wurde die Wirkung des Darmsaftes auf pflanzliches Eiweiss, und zwar auf frisch bereiteten Kleber untersucht, wobei sich das Bedürfniss zeigte, den Kleber in Form ebenso feiner Flöckchen zu verwenden, wie das Fibrin. Dies gelang auch durch folgende Art der Bereitung des Klebers: In ein kleines Schälchen bringt man etwas Weizenmehl, giesst destillirtes Wasser zu und mischt beides, indem man mit einem reinen Malerpinsel durch längere Zeit kurze Stösse senkrecht auf den Boden des Schälchens ausführt. Hierauf wird dieser Pinsel in reinem Wasser so lange durch Hin- und Herschwenken gewaschen, bis sich das Waschwasser nicht mehr trübt. Durch Abstreichen des Pinsels an einer Kante, z. B. am Rande des Schälchens, bleibt an letzterem der Kleber in sehr fein vertheiltem Zustande hängen. Die mit so hergestelltem Kleber angestellten Verdauungsversuche ergaben auch stets negative Resultate.

Für den Darmsaft des Hundes wird, im Gegensatze zu den eben mitgetheilten Untersuchungs-Ergebnissen am Darmsafte des Lammes, von den meisten Autoren angegeben, dass er schwach

peptonisirend wirke. Dobroslawin[1]) fand überdies noch in dem am Wasserbade bis zu Syrupconsistenz eingedampften Filtrate vom Alkoholcoägulate des frischen Darmsaftes vom Hunde eine Menge stark lichtbrechender Conglomerate von concentrisch geschichtetem Bau, die, wie er angiebt, Leucin-Conglomeraten sehr ähnlich waren. Gesetzt den Fall, dass diese Gebilde thatsächlich aus Leucin bestanden, so steht dieses Vorkommen mit der peptonisirenden Eigenschaft des Darmsaftes vom Hunde vollkommen im Einklange, da man das Leucin als ein Product der Verdauung der im Darmsaft enthaltenen Eiweisskörper durch diesen selbst ansehen kann, wie Aehnliches für den Bauchspeichel schon sichergestellt ist.

So oft auch dieser Versuch mit dem Darmsafte des Lamms angestellt werden mochte, nie gelang es, Leucin-Conglomeraten ähnliche Gebilde zu finden, was in Uebereinstimmung ist mit den negativen Resultaten der Versuche, Eiweisskörper mit dem Darmsafte vom Lamm zu verdauen.

Es konnte also keine einzige Thatsache gefunden werden, die für eine proteolytische Wirkung des Darmsaftes vom Lamme sprechen würde, und insolange ein derartiger Beweis ausständig ist, ist es gerechtfertigt anzunehmen, dass dem Darmsafte des Lammes keine verdauende Wirkung auf Eiweisskörper zukommt.

Leider wurde nur einmal Vella's Angabe, dass der Darmsaft des Hundes das Caseïn der Milch zum Gerinnen bringe, auch mit dem Darmsafte des Schafes geprüft. Dieser Versuch fällt in die Zeit von einem halben Jahre nach der Operation, also in eine Zeit, wo man sicher annehmen könnte, dass sich kein aus dem Magen herrührendes Chymosin mehr im Darme befindet. Der aus gleichen Theilen Milch und Darmsaft bestehende Inhalt einer Eprouvette gestand dabei nach zwei Stunden gallertig, wobei ziemlich stark alkalische Reaction vorhanden war.

Als diese Versuche ungefähr einen Monat später wieder aufgenommen wurden, war dieses Resultat nicht mehr zu erhalten; wir werden aber sehen, dass bei längerem Bestande der Darmfistel Veränderungen der Eigenschaften des Darmsaftes eintreten, wofür später noch andere Belege gegeben werden sollen.

---

1) Dobroslawin l. c. S. 81.

Nach alledem muss die nähere Erforschung der Gerinnung der Milch durch Darmsaft späteren Untersuchungen aufbewahrt bleiben, und sie soll hiermit auch der Aufmerksamkeit anderer Beobachter empfohlen werden.

b) Auf Kohlehydrate.

1. Auf Stärke.

Ein Gemisch von ca. 5 gr Darmsaft, also der Menge, die in einer Stunde zu erhalten ist, und 15 cm³ 3 %igen Stärkekleisters in einer Eprouvette der Wärme des Brutschrankes ausgesetzt, zeigt nach 24 Stunden stark saure Reaction, während zu Beginn des Versuches das Gemisch alkalisch reagirte, und Darmsaft, der sich selbst überlassen im Brutschranke steht, den Grad seiner Alkalescenz, wie man sich maassanalytisch überzeugen kann, noch nach Wochen fast unverändert behält.

Der Grad der aufgetretenen Säuerung des Darmsaft-Kleister-Gemisches wurde öfter durch Titration bestimmt und gefunden, dass im Mittel der Zusatz von 1,7 cm³ Zehntel-Normalnatronlauge zur Herstellung neutraler Reaction erforderlich ist.

Bei vorsichtigem Zusatze von verdünnter Jodtinctur tritt anfänglich Rothfärbung auf, die später einer intensiven Blaufärbung Platz macht.

Die Prüfung des Gemisches mit der Trommer'schen Probe ergiebt reichliche Reduction, und bei Anstellung der einfachen Kaliprobe tritt deutliche Gelbfärbung und der Geruch nach gebranntem Zucker auf.

Bringt man verdauten Stärkekleister in eine Schrötter'sche Gaseprouvette und versetzt ihn mit einer Emulsion von reiner, gewaschener Hefe, und in eine zweite Gaseprouvette zur Controlle nur Hefeemulsion, dann kann man schon nach wenigen Stunden in der ersten deutlich Gasbildung bemerken, während die zweite unverändert bleibt. Durch Einführen einer an einen Platindraht angeschmolzenen Kalikugel in den Gasraum überzeugt man sich, dass das gebildete Gas Kohlensäure ist, da es vom Kaliumhydroxyd sofort absorbirt wird.

Der flüssige Inhalt der Gaseprouvette wurde ferner auch auf Aethylalkohol untersucht, wozu sich folgende Methode sehr brauchbar erwies. Der nach dem Einführen der Kalikugel kalilaugehaltige Inhalt der Schrötter'schen Gaseprouvette wurde in ein

Reagensröhrchen umgeleert und so lange Jodjodkaliumlösung (1 gr Jod, 2 gr Jodkalium, 300 gr Wasser) zugetropft, als beim Umschütteln Entfärbung auftrat. Bei Anwesenheit von Aethylalkohol bildet sich aus diesem Jodoform nach der Formel:

$$C_2H_5 . OH + 2 KOH + J_8 = 2 CHJ_3 + 2 JK + 3 H_2O.$$

Das entstandene Jodoform verräth sich durch seinen charakteristischen, vom Geruche des reinen Jod wesentlich verschiedenen Geruch, namentlich wenn es nicht in allzu geringen Mengen zugegen ist, und kann, wenn man die Flüssigkeit entsprechend lange stehen lässt oder sie centrifugirt, im Sedimente in Form hexagonaler Täfelchen unter dem Mikroskope nachgewiesen werden. Für den Fall, dass nur Spuren von Jodoform vorhanden sind, bewährt es sich, die Flüssigkeit mit einer geringen Menge (0,5—1,00 cm^3) Aethyläther, nachdem man sich mit dieser Probe zuvor überzeugt hat, dass er keinen Alkohol enthält, auszuschütteln, wobei sich alles Jodoform im obenauf schwimmenden Aether löst, und letzteren mit einem ausgezogenen, reinen Glasröhrchen auf einen blankgeputzten Objectträger tropfenweise aufzutragen und auftrocknen zu lassen. Dort bleibt das Jodoform in Form von farrenkrautähnlichen, gelben, charakteristisch riechenden Krystallisationen zurück.

Aus den angeführten Versuchen erkennt man, dass durch die 24stündige Einwirkung des Darmsaftes vom Lamme auf Stärkekleister neben anderen Verdauungsproducten auch ein gährungsfähiger Zucker entsteht.

Um die Natur der Verdauungsproducte, insonderheit die des Zuckers zu ermitteln, wurde ein Verfahren eingeschlagen, ähnlich jenem, dessen sich Musculus und v. Mehring[1]) bedienten, um die Producte der Einwirkung von Speichel auf Stärke festzustellen, doch mit einigen Abänderungen, die hauptsächlich durch die unter den gegebenen Verhältnissen geringe Menge des zu untersuchenden Verdauungsgemisches bedingt waren.

Das Verfahren war folgendes:

Ein Darmsaft-Kleister-Gemisch von der schon angegebenen Zusammensetzung wurde, nachdem es 24 Stunden im Brutschranke

1) Musculus und v. Mehring, Ueber die Umwandlungen von Stärke und Glycogen durch Diastas, Speichel, Pancreas und Labferment. Ztschr. f. phys. Chemie 2, 403. 419. Referat in Maly's Jahresberichte über die Fortschritte der Thierchemie, VIII. Bd, S. 51.

gestanden hat, durch Titration mit Zehntel-Normal-Natronlauge auf neutrale Reaction gebracht, wobei gut bereitetes violettes Lackmuspapier als Indicator diente, und mit dem doppelten Volumen, also 40 cm³ 95 %igen Alkohols versetzt und die Nacht über stehen gelassen. Der reichlich entstandene Niederschlag enthält neben den gefällten Eiweisskörpern des Darmsaftes alle unverändert gebliebene Stärke, wie aus der fast sofort eintretenden Blaufärbung bei Zusatz von verdünnter Jodtinktur zu einer Aufschwemmung dieses Niederschlages in Wasser hervorgeht. Das Filtrat davon und der zum Waschen desselben verwendete Alkohol wurden bei mässiger Wärme am Wasserbade langsam zum Trocknen gebracht und der Rückstand im Exsiccator aufbewahrt.

Nachdem diese Procedur wenigstens zehnmal an immer wieder neu hergestellten Verdauungsgemischen wiederholt worden war, wurden die aufgesammelten Trockenrückstände in wenig dest. Wassers gelöst, in einen Kolben gebracht, die Abdampfschalen mit 95 %igem Alkohol sorgfältig ausgespült und dieser auch zum Inhalt des Kolbens gegeben und ausserdem noch 100 cm³ 95 %igen Alkohols hinzugefügt, worauf ein Niederschlag ausfällt, der sich hauptsächlich am Boden des Gefässes zu einer zähen, schmierigen, gelblich-braunen Masse zusammensetzt, und sich bei der nachträglichen Untersuchung als zum grössten Theile in kaltem Wasser löslich erwies, während sich der geringe Rest erst bei leichtem Erwärmen vollkommen löst. Die Lösung dieses Niederschlages nimmt, mit verdünnter Jodtinctur versetzt, eine schön rothe Färbung an, die bei weiterem Jodzusatze tief weinroth wird. Bei der Prüfung dieses Körpers auf Circularpolarisation nach vorheriger Entfärbung und Klärung mit Thierkohle erwies er sich als rechtsdrehend. Er besteht demnach neben löslicher Stärke hauptsächlich aus Erythrodextrin.

Das nach 24stündigem Stehen von diesem Niederschlage getrennte Filtrat versetzte man mit dem gleichen Volumen, also ca. 100 cm Aethyläthers, wodurch eine diffuse milchige Trübung des ganzen Inhalts zustande kam. Nach abermals 24 Stunden war die Flüssigkeit klar, und am Boden des Kölbchens war eine syrupähnliche, schwach bräunlich gefärbte, aber durchsichtige Masse abgesetzt, die sich bei der späteren Prüfung mit verdünnter Jodtinctur auch als aus Erythrodextrin bestehend erwies; ausserdem war an den Wänden des Gefässes eine Unzahl feiner Krystalle

zu bemerken. Nun wurde der ätherisch-alkoholische Inhalt des Kölbchens vorsichtig in eine flache Abdampfschale abgegossen und bei sehr gelinder Wärme unter Beobachtung der beim Eindampfen ätherischer Lösungen gebotenen Cautelen am Wasserbade zur Trockene gebracht, und andrerseits die vorerwähnten Krystalle im leeren Kölbchen mit wenig absoluten Alkohols, der in dasselbe eingebracht worden war, durch heftiges Schütteln von den Wänden entfernt, wobei sich allerdings ein geringer Theil derselben, sowie auch ein solcher des Bodensatzes löste. Durch rasches Ausleeren des geschüttelten Kölbchens in eine Eprouvette gelangten auch die Krystalle in diese und senkten sich in kurzer Zeit zu Boden. Der darüberstehende Alkohol wurde auch in die Abdampfschale gebracht und mit dem übrigen Inhalte derselben eingedampft, und der Trockenrückstand in 50 cm^3 heissen absoluten Alkohols gelöst, in ein Kölbchen filtrirt und mit dem dreifachen Volumen Aethyläthers versetzt. Der sofort auftretende Niederschlag ist flockig und besteht fast aus reinem Zucker, wie man sich davon durch Anstellung der Phenylhydrazinprobe überzeugen kann. Nach 24stündigem Stehen hat sich die ganze über dem Niederschlage stehende Flüssigkeit geklärt, und an den Wänden sind wieder Krystalle angeschossen. Nach Entfernen des flüssigen Inhalts löste sich alle am Boden und an den Wänden des Gefässes haftende Substanz in 50 %igem Alkohol, diese Lösung wurde nun zu den schon Tags vorher gewonnenen Krystallen in ein gewogenes Wägegläschen gebracht, das Lösungsmittel dort abdunsten gelassen, dann wurde der Rückstand bei 100° C. vorsichtig getrocknet, hierauf gewogen und eine 3%ige Lösung davon angefertigt.

Diese Lösung, deren Menge eben hinreichte, um das 2,2 dm lange Rohr eines Laurent'schen Halbschattensaccharimeters zu füllen, drehte die Polarisationsebene in der genannten Dicke der Schicht um 3,4° nach rechts, hatte demnach ein specifisches Drehungsvermögen von $\alpha_D = +51,5°$.

Diese Lösung reduciert Barfoed'sches Reagens schon beim ersten Aufkochen, sowie dies auch ungereinigter, durch Darmsaft verdauter Stärkekleister thut.

Schon nach halbstündigem Kochen dieser Lösung mit Natriumacetat und salzsaurem Phenylhydrazin im Ueberschusse entsteht beim Abkühlen der diesem Zucker entsprechende Osazonniederschlag. Letzterer wurde mit destillirtem Wasser gewaschen,

aus Alkohol umkrystallisirt, getrocknet und auf seinen Schmelzpunkt geprüft. Es zeigte sich, dass dieser sicher über 204° C. gelegen ist; Bestimmteres konnte nicht ermittelt werden, da wahrscheinlich ob nicht völliger Reinheit des Osazons kein eigentliches Schmelzen, sondern nur ein mit starker Bräunung einhergehendes Weichwerden desselben beobachtet werden konnte.

Das Reductionsvermögen dieser Zuckerlösung erwies sich als dem der Dextrose vollkommen entsprechend und blieb ungeändert, als die Lösung nach zweistündigem Kochen mit einem Zusatze von 2% Schwefelsäure in einem Kölbchen am Wasserbade unter Anwendung des Rückflusskühlers, um eine Concentration der Lösung hintanzuhalten, abgekühlt und mit concentrirter Aetzkalilösung neutralisirt worden war.

Man erkennt aus den angeführten Merkmalen, dass der aus Stärkekleister, auf den durch 24 Stunden Darmsaft vom Lamme in der Temperatur des Brutschrankes eingewirkt hat, entstandene Zucker Dextrose ist.

Dieses Resultat ist insofern sehr auffallend, als von vorne herein nach Analogie mit den Untersuchungsergebnissen von Musculus und v. Mehring[1]) über die Verdauung der Stärke durch Speichel zu erwarten stand, dass auch durch die Verdauung der Stärke durch Darmsaft Maltose gebildet werde. Dem Einwande, dass durch die Procedur der Isolirung des Zuckers eventuell vorhandene Maltose in Dextrose übergeführt worden sei, ist entgegenzuhalten, dass bei diesem Vorgange keine der für die Inversion der Maltose nothwendigen Bedingungen erfüllt waren, als da sind: Gegenwart freier Säure und die Siedehitze. Es ist zwar richtig, dass die Inversion der Maltose auch bei niedrigeren Temperaturen vor sich geht, bei 85° C. z. B., es bedarf aber dazu in einer Lösung, die 3% freier Schwefelsäure enthält, 50 Stunden.

Am besten erkennt man aber die Richtigkeit der Thatsache, dass durch eine 24stündige Verdauung von Stärkekleister durch Darmsaft schon Dextrose gebildet wird, und diese nicht erst während der Untersuchung aus einem andern Zucker entsteht, aus der später mitzutheilenden Eigenschaft des Darmsaftes, Maltose in 24 Stunden glattauf in die gleiche Menge Dextrose überzuführen, so als wäre erstere durch 2 Stunden nach Zusatz von 2% Schwefelsäure invertirt worden.

1) Musculus und v. Mehring l. c.

Bevor ich über meine weiteren Versuche berichte, will ich die Methode beschreiben, die als Prüfung des Reductionsvermögens bei den vorliegenden Untersuchungen in Verwendung kam; es ist dies die von Pavy schon im Jahre 1879 empfohlene volumetrische Methode der Zuckerbestimmung. Dieselbe ist auch in der erst kürzlich erschienenen deutschen Ausgabe von Pavy's neuem Buche[1]) beschrieben. Ich fand sie sehr bequem und vortheilhaft und möchte glauben, dass sie mehr in Aufnahme kommen sollte, als das bisher der Fall gewesen zu sein scheint, denn sie verdient einerseits wegen ihrer Einfachheit und raschen Ausführbarkeit, andererseits wegen ihrer Schärfe bestens empfohlen zu werden, die besonders aus der überraschenden Uebereinstimmung der von Pavy mitgetheilten Resultate hervorgeht, die mit der in Rede stehenden Probe und nach der auch von Pavy zuerst angegebenen elektrogravimetrischen Zuckerbestimmungsmethode gewonnen wurden, und endlich auch nach den im Laufe vorliegender Untersuchungen sowie der dazu nöthig gewesenen zahlreichen Vorversuchen gemachten Erfahrungen.

Diese Probe beruht bekanntlich im Principe darauf, dass Kupfersulfat in alkalischer Lösung bei Gegenwart von Ammoniak durch Zuckerlösungen beim Kochen nicht in der Weise zersetzt wird, dass Kupferoxydul ausfällt, sondern letzteres mit Ammoniak eine vollkommen lösliche, farblose Verbindung eingeht; also statt eines gelben oder rothen Niederschlages tritt vollständige Entfärbung der vorher blauen Flüssigkeit auf, und diese dient zur Erkennung des Endpunktes der Reaction.

Die Flüssigkeit, mit welcher die Probe ausgeführt wird, hat nach Pavy folgende Zusammensetzung:

Krystallinisches Kupfersulfat	4,158 gr
Seignettesalz	20,400 „
Aetzkali	20,400 „
Concentrirte Ammoniaklösung (sp. Gew. 0,880) .	300,00 cm^3
Destillirtes Wasser zu	1000,00 cm^3

Da Pavy nichts Näheres über die Beschaffenheit des zur Titre-Lösung zu verwendende krystallinische Kupfersulfat mittheilt, benützte ich dazu nach den Angaben von Soxhlet für die

1) Dr. F. W. Pavy, Die Physiologie der Kohlenhydrate. Ihre Verwendung als Nahrungsmittel u. ihr Verhältniss z. Diabetes. Autor. deutsche Ausg. v. Karl Dr. Grube. Leipzig u.. Wien, Franz Deutike 1895, S. 73—81.

Fehling'sche Lösung bereitetes krystallinisches Kupfersulfat und erhielt damit Probeflüssigkeiten, die stets fast vollkommen den theoretischen Zuckerwerth hatten. Das krystallinische Kupfersulfat wird nach Soxhlet in der Weise bereitet, dass man eine heiss concentrirte Lösung von sog. chemisch reinem Kupfersulfat, wie es im Handel erhältlich ist, noch heiss filtrirt und mit einem Glasstabe kalt rührt; dadurch erhält man einen Brei von feinen Krystallen, von denen die Mutterlauge abgegossen wird, und die man behufs oberflächlichen Trocknens zwischen mehreren Lagen von Filtrirpapier abpresst und über Nacht an einem kühlen, staubfreien Orte flach ausgebreitet trocknen lässt.

Von diesem feinen Krystallpulver wägt man nun die erforderliche Menge ab, bringt sie in einen Literkolben und löst sie in wenig dest. Wassers. In einem andern Gefässe bringt man die abgewogenen Mengen von Seignettesalz und Aetzkali durch einen geringen Wasserzusatz in Lösung, giesst diese in den Literkolben zum Kupfersulfat, spült nach, fügt die abgemessene Menge Ammoniaks hinzu und füllt schliesslich zu einem Liter mit destillirtem Wasser auf.

10 cm^3 dieser Flüssigkeit entsprechen 0,005 gr Glucose.

Das ist der theoretische Wirkungswerth dieser Probeflüssigkeit, der sich, wie Pavy gezeigt hat, darauf stützt, dass 1 Molekül Dextrose 6 Molekülen Kupferoxyd entspricht.

Den Apparat, in welchem man die Probe anstellt, kann man sich leicht selbst zusammenstellen; er besteht aus einem 100 bis 150 cm^3 fassenden Kochkölbchen, durch dessen doppeltdurchbohrten Korkpfropf das Ausflussrohr einer Mohr'schen Bürette sowie ein gebogenes Glasrohr zum Entweichen der Luft und der beim Kochen entstehenden Gase und Dämpfe gehen. Pavy bedient sich zur Regulierung des Zuflusses aus der Bürette einer eigenen Schraubenvorrichtung, die er zwar abbildet, aber nicht beschreibt. Letztere ist entbehrlich, wenn man an einem gewöhnlichen mit einer Schraube regulirbaren Bürettenquetschhahn an den Knopf der Schraube einen Holzstiel in der Weise anbringt, dass die Hand beim Gebrauche der Schraube während des Kochens ausserhalb des Bereiches der Flamme kommt.

Es hat sich als zweckmässig erwiesen, diesen Quetschhahn sowie die Bürette am Ständer mit einem Halter zu fixiren und die Schlauchverbindung zwischen Bürette und ihrem Ausflussrohr

möglichst kurz zu machen, um das Hin- und Herbaumeln der Kochflache und die dadurch eventuell gesetzten, allerdings geringfügigen Schwankungen des Niveaus in der Bürette unmöglich zu machen.

Die zu prüfende Zuckerlösung bringt man nun in die so montirte Bürette, lässt etwas ab, um Luft auszutreiben, und liest den Stand des Niveaus, nachdem er constant geworden, ab. Hierauf füllt man in das reine Kochkölbchen genau 10 oder 5 cm³ der Titreflüssigkeit von der angegebenen Zusammensetzung, wozu es sich empfiehlt, noch eine zweite Bürette aufzustellen und mit der Probeflüssigkeit zu füllen, um aus dieser genau abgemessene Volumina in die Kochflasche ablassen zu können, zumal da man, wie später gezeigt wird, jede Bestimmung mindestens zweimal ausführen soll. Es ist des leichteren Kochens wegen nothwendig, das abgemessene Volumen der Kupferlösung im Kölbchen mit destillirtem Wasser zu verdünnen, indem man davon etwa 20 cm³ hinzufügt. Hinter der an den Korkpfropf gut angesteckten, gefüllten Kochflasche ist am Stativ ein weisser Schirm fix angebracht, um die Entfärbung gut beurtheilen zu können. Nun wird die verdünnte Kupferlösung im Kölbchen durch einen untergehaltenen Bunsenbrenner mit kleingedrehter Flamme zum Kochen gebracht und dann erst durch Zurückdrehen der Schraube am Quetschhahn von der Zuckerlösung tropfenweise zufliessen gelassen, und zwar etwa 60—100 Tropfen in der Minute. Merkt man, dass der Inhalt des Kölbchens eine lichtere Färbung annimmt, so lässt man viel langsamer zutropfen, etwa nur alle 4 Secunden einen Tropfen, und hört damit vollkommen auf, sobald einmal die Flüssigkeit gänzlich entfärbt ist, worauf die zweite Ablesung des Flüssigkeitsstandes in der Bürette gemacht wird. Die Differenz dieser und der ersten Ablesung, also das zur Entfärbung von 10, beziehungsweise 5 cm³ unverdünnter Titreflüssigkeit nothwendige Volumen der Zuckerlöung stellt jene Flüssigkeitsmenge dar, in welcher soviel Zucker enthalten ist, als dem Reductionsvermögen von 0,005 gr, beziehungsweise 0,0025 gr Dextrose entspricht, je nachdem man 10 oder 5 cm³ Probeflüssigkeit verwendet hat. Daraus berechnet man dann den Procentgehalt der untersuchten Lösung.

Es erwies sich als sehr empfehlenswerth, den Brenner während des Kochens nicht ruhig unter der Kochflasche stehen zu lassen, sondern letztere durch Hin- und Herschwenken des Brenners

mit der kleingedrehten Flamme in weiten Excursionen gewissermaassen anzufächeln; dadurch wird der Inhalt gleichmässig und gelinde am Kochen erhalten, ohne dass stürmisches Sieden aufträte, welch Letzteres insoferne sehr nachtheilig ist, als dabei viel Ammoniak aus der Probeflüssigkeit entweicht und es deshalb leicht zum Ausfallen von Oxydul kommt, bevor noch vollständige Entfärbung eingetreten ist, die dann unmöglich mehr berurtheilt werden kann. Dieser Umstand setzt eine zeitliche Beschränkung der Dauer der Probe; immerhin kann diese aber, wenn die Flamme in der angegebenen Weise — am besten mit der linken Hand, während die rechte die Regulirung der Schraube besorgt — fortwährend in Bewegung erhalten wird, bis auf fünf Minuten und auch mehr ausgedehnt werden, ohne dass Oxydul ausfiele. Eine Unterbrechung des Kochens während der Ausführung der Probe ist auch unzulässig, da die infolge dessen in die Kochflasche eindringende Luft das schon einmal reducirte Oxyd reoxydiren würde, und demnach mehr als die aequivalente Menge der Zuckerlösung zufliessen gelassen werden müsste, woraus sich dann zu niedrige Werthe für den Procentgehalt ergäben.

Weiters kann eine fehlerhafte Bestimmung durch Verunreinigungen bedingt werden, insbesondere durch Kupferoxydul, das von einer früheren Bestimmung den Wänden des Kölbchens noch anhaftet, da die Gegenwart von Oxydul eine raschere Zersetzung der Probeflüssigkeit zur Folge hat, als dies unter dem alleinigen Einflusse des Zuckers der Fall wäre. Es ist deshalb nothwendig, namentlich das Kölbchen stets sauber zu halten, und eventuell entstandene Oxydulflecken vor dem Waschen durch Einbringen einiger Tropfen einer concentrirten Mineralsäure zu entfernen.

Zur quantitativen Bestimmung des Zuckers in einer Lösung, deren Gehalt man auch approximativ nicht kennt, sind unbedingt zwei Proben nöthig. Die erste nennt Pavy sehr treffend „nur einen Tastversuch", um bei der zweiten rechtzeitig das Tempo der zufliessenden Tropfen zu verlangsamen, um nicht über den Endpunct der Reaction hinauszugeben, woraus stets ein zu niedriger Procentgehalt resultirt. Stimmen die Ergebnisse schon der beiden ersten Proben genau überein, so kann man den gefundenen Werth als den richtigen ansehen, wenn nicht, ist die Probe zu wiederholen, bis man übereinstimmende Resultate erhält. Hat man in der Ausführung dieser Titration einmal Uebung erlangt,

und deren bedarf es, dann wird man finden, dass in der Regel schon die beiden erstgefundenen Werthe stimmen.

Von grosser Wichtigkeit ist es, die Titreflüssigkeit, namentlich wenn sie neu angefertigt worden ist, aber auch sonst vor jeder genaueren Untersuchung auf die Richtigkeit ihres Wirkungswerthes zu prüfen, und falls letzterer dem vorher angegebenen theoretischen Wirkungswerthe nicht entsprechen würde, die Correction genau zu ermitteln. Pavy führt diese Prüfung mit einer aus Candiszucker durch Inversion mit 2 % iger Citronensäure hergestellten Invertzuckerlösung von genau bekannter Concentration aus. Ich ziehe es vor, mich zu dieser Prüfung einer 0,1 % igen Lösung von chemisch reiner Dextrose zu bedienen, sintemalen Soxhlet gezeigt hat, dass das Reductionsvermögen des Invertzuckers etwas kleiner ist als das der Dextrose, und weil letztere heutzutage im Handel von tadelloser Reinheit zu erhalten ist. Es ist selbstverständlich nothwendig, die Dextrose vor dem Wägen, auch wenn sie unter dem Namen „Traubenzucker, chemisch rein und wasserfrei“ bezogen worden ist, unter Beobachtung der bei Zucker gebotenen Vorsichtsmaassregeln im Luftbade bei 100° C. zu trocknen, da auch dieses Präparat, wie man sich durch Wägung vor und nach dem Trocknen überzeugen kann, allerdings nicht viel, aber doch etwas Wasser enthält.

5 cm^3 dieser Dextroselösung entsprechen 10 cm^3 Probeflüssigkeit.

Ueber die Haltbarkeit der Kupferlösung, deren Wirkungswerth mit der $^1/_{10}$ % igen Dextroselösung täglich geprüft wurde, ist zu bemerken, dass sich durch 14 Tage hindurch ihr Titre fast nicht änderte, obwohl sie zum Schlusse eine leichte Trübung zeigt; länger als diese Zeit reichte ein Liter nie.

In den ersten Monaten nach der Operation gelang es, im Darmsaft-Kleister-Gemische die ersten Spuren von gebildetem Zucker, also bei Anwendung der Trommer'schen Probe die ersten Spuren von Reduction, schon nach 4 Stunden nachzuweisen, gleichgültig ob rein centrifugirter Darmsaft oder das Sediment zur Verdauung benutzt worden war. Später stellte sich eine Abnahme der verdauenden Wirkung des Secretes ein, die namentlich beim rein centrifugirten Darmsafte auffallend war, und bei diesem im Monate Januar 1895 mit vollständiger Wirkungslosigkeit endete; der feste, flockige Antheil des Darmsaftes, der beim Centrifugiren

als Sediment ausfällt, behielt dagegen bis heute seine saccharificirenden Eigenschaften, doch sind bei damit angestellten Verdauungsversuchen die ersten Spuren von Reduction bei Untersuchung mit der Trommer'schen Probe allerdings nicht mehr nach 4 Stunden, sondern frühestens erst nach 6 oder 8 Stunden sicher nachzuweisen.

Letztere Thatsachen, sowie der schon erwähnte Verlust der Eigenschaft des Darmsaftes, das Caseïn der Milch zum Gerinnen zu bringen, führen zur Annahme, dass im isolirten Darmstücke mit der Zeit Veränderungen Platz greifen, die ein allmähliches Unwirksamwerden seines Secretes zur Folge haben.

Keiner der Forscher, die sich mit dem Darmsafte des Hundes beschäftigten, macht die Angabe, eine derartige Veränderung der Wirksamkeit des Darmsaftes beobachtet zu haben, es sei denn vielleicht, dass eine solche durch pathologische Verhältnisse, also durch einen sich unaufhaltsam steigernden Prolaps bedingt gewesen wäre. Bei meinem Versuchsthiere trifft Letzteres durchaus nicht zu, weil die beobachteten Veränderungen, also das Unwirksamwerden auf Milch und jenes des flüssigen Antheiles des Darmsaftes auf Stärkekleister erst einige Monate nach vollkommener Heilung des Prolapses in Erscheinung traten.

Denkbar wäre es, dass der Grund der genannten Veränderungen vielleicht darin zu suchen sei, dass das isolirte Darmstück schon in so früher Jugend — das Lamm zählte zur Zeit der Operation 7—8 Wochen — seiner Bestimmung, dem Verdauen und der Resorption, entzogen worden war, und dass deshalb hier leichter, als wenn die Isolirung am erwachsenen Thiere vorgenommen wird, Veränderungen zu Stande kommen, die dann ihrem Wesen nach als Folgen einer Inactivitätsatrophie aufgefasst werden könnten.

Füllt man in drei Eprouvetten gleiche Mengen Darmsaft, giebt man dann in die erste Kleister, in die zweite eine Aufschwemmung roher Stärke, in die dritte eine Aufschwemmung roher Stärke, die zuvor in einem Achatmörser durch lange Zeit und mit grossem Drucke, sei es trocken oder unter Wasser zerrieben worden war, und untersucht man den Inhalt dieser drei Eprouvetten, nachdem sie durch 24 Stunden der Brutschrankwärme ausgesetzt waren, mit der Trommer'schen Probe auf Zucker, dann findet man nicht nur in der ersten, sondern auch in der dritten Reduction, in der zweiten keine. Daraus muss der Schluss

gezogen werden, dass rohe Stärke der Einwirkung des Darmsaftes nicht zugänglich ist, dass sie aber durch vorausgehendes Kochen oder Zerreiben, also Zertrümmerung der Stärkekörner, wovon man sich mit dem Mikroskope überzeugen kann, dieser Wirkung erst zugänglich gemacht wird.

Die Aehnlichkeit des Verhaltens von Stärkekleister und einer Aufschwemmung zerriebener roher Stärke geht auch aus folgendem Versuche hervor: Man bereitet sich

1. einen dünnen (2 % igen) Stärkekleister,
2. eine Aufschwemmung unzerriebener roher Stärke,
3. eine Aufschwemmung durch lange Zeit und unter starkem Drucke im Achatmörser fein zerriebener roher Stärke, filtrirt die drei Flüssigkeiten und setzt ihnen Jodtinctur zu; dabei tritt in 1 und 3 starke Blaufärbung, in 2 dagegen nicht eine Spur davon auf.

Diese Verschiedenheit des Verhaltens des Darmsaftes gegen rohe Stärke einerseits, gegen verkleisterte oder zerriebene Stärke andrerseits hat ihr Analogon in dem Verhalten des Speichels gegen diese, worüber Hammarsten[1]) Folgendes mittheilt:

Er fand, dass, wenn verschiedene Stärkearten in rohem Zustande mit gemischtem Mundspeichel vom Menschen zusammengebracht werden, die Zeit, in welcher die Umbildung in Zucker vor sich geht, verschieden ist; am längsten dauert es bei Kartoffelstärke. Da er ferner fand, dass die Zeit für die Zuckerbildung aus Kleister, der aus verschiedenen Stärkesorten hergestellt worden war, sich stets gleich blieb, schloss er, dass die ungleiche Entwicklung der Stärke-Cellulose in den verschiedenen Stärke-Arten einen ungleichen Widerstand für das Vordringen des Speichels bedingt, was auch darin seine Bestätigung fand, dass rohe Kartoffelstärke, für die sonst 2—4 Stunden zur Umbildung in Zucker nöthig sind, nach vorhergehendem Pulverisiren schon nach 5 Minuten reichliche Zuckerbildung zeigte.

Für die völlige Unverdaulichkeit der rohen Stärke im Gegensatze zur leichten Verdaulichheit roher zerriebener Stärke durch den Darmsaft des Schafes muss wohl eine Undurchdringlichkeit

1) O. Hammersten, Smärre bidrag til Kännedomen om spottens verkau på stärkelse. Upsala läkaref. förh. Bnd. 6. 471. (Nach dem Referate in Maly's Jahresbericht über die Fortschritte der Thierchemie I. Band, für das Jahr 1871.)

der Stärke-Cellulose-Hüllen als Erklärung angenommen werden, sintemalen, wie später gezeigt wird, keine Thatsache gefunden wurde, aus der eine Veränderung der Cellulose unter der Einwirkung des Darmsaftes hervorgehen würde.

Da die Möglichkeit von vorne herein nicht ausgeschlossen war, dass die eben besprochene Saccharificirung der Stärke nicht durch ein unorganisirtes Ferment, sondern durch Bacterien bedingt wird, wurde folgender Versuch angestellt. Ein frisch bereitetes Darmsaft-Kleister-Gemisch wurde in zwei Eprouvetten vertheilt und in die eine derselben ein Tropfen einer concentrirten Thymollösung zugesetzt. Während das Controllröhrchen (ohne Thymol) Tags darauf wie sonst bei der Trommer'schen Probe reichliche Abscheidung von Kupferoxydul und saure Reaction zeigte, war bei der mit Thymol versetzten Portion keines von beiden der Fall, und während sich im ersten Röhrchen eine Menge von Bacterien vorfanden, waren in den Präparaten vom zweiten (Thymol-)Röhrchen solche nur ganz vereinzelt vorhanden. Dies schien nun thatsächlich für eine Bacterienwirkung zu sprechen, weshalb von dem Controllröhrchen auf eine Anzahl von Eprouvetten, die sterilen 2%igen Kleister enthielten, mit der Platinnadel je 3 Oesen verimpft wurden. Der Inhalt der verimpften Röhrchen gab nach 20 Stunden mit der Trommerschen Probe Reduction und wurde auf eine zweite Reihe steriler Kleister-Röhrchen verimpft. In diesen konnte auch nach Wochen kein Zucker nachgewiesen werden.

Dies spricht nun nicht mehr für die Annahme eines organisirten Fermentes, sondern kann vielmehr durch die Annahme eines ungeformten Encymes in der Weise vollkommen erklärt werden, dass die allerdings schon geringe Menge des Letzteren bei der ersten Abimpfung noch hinreichte, um nach 20 Stunden nachweisbar Zucker zu bilden, dass aber durch die zweite Verimpfung die Verdünnung des Fermentes eine derartige war, dass Wirkungen desselben nicht mehr nachgewiesen werden konnten.

Diese Erklärung wird überdies noch durch die Thatsache gestützt, dass das mit Thymol versetzte Darmsaft-Kleister-Gemisch nach sechs Tagen mit der Trommer'schen Probe schwache Reduction bei schwach alkalischer Reaction zeigte und einige Tage darauf schon sauer reagirte und bei Anstellung der Trommerschen Probe eine grosse Menge von Kupferoxydul ausfallen liess.

Daraus ist zu folgern, dass der Thymolzusatz einen die Wirkung des saccharificirenden Fermentes des Darmsaftes des Lammes verzögernden Einfluss ausübt. In ähnlicher Weise wie Thymol wirkt der Zusatz einer Säure bis zu stark saurer Reaction, während eine schwach saure Reaction der Zuckerbildung nicht hinderlich ist. Zusatz von wenig Natronlauge, sowie Aufkochen des Darmsaftes heben dagegen dessen saccharificirende Wirkung vollkommen auf.

2. Auf Cellulose.

Die Anordnung der Verdauungs-Versuche mit Cellulose war anfangs die, dass feine Flöckchen entfetteter Watte in Eprouvetten mit Darmsaft zusammengebracht und einer Temperatur von 38° C. im Brutschranke ausgesetzt wurden. Später wurde für diese Versuche reine Cellulose verwendet, die durch Lösung entfetteter Watte in schwefelsaurem Kupferoxyd-Ammoniak und nachheriges Einbringen dieser Lösung in grosse Mengen von destillirtem Wasser ausgefällt, und durch anhaltendes Waschen des entstandenen Niederschlages mit destillirtem Wasser reingewonnen wurde. In keinem dieser Versuche konnte eine Veränderung der Cellulose weder ihrem Aussehen nach, noch in chemischer Hinsicht, im Sinne einer Zuckerbildung, beobachtet werden.

3. Auf Glykogen.

Zu diesem Ende wurden 20 cm³ 1%iger Glykogenlösung in Wasser mit etwa 3 cm³ frischen Darmsaftes versetzt und nach gehörigem Umschütteln in den Brutschrank gestellt. Nach 24 Stunden bestand saure Reaction, zu deren Neutralisation 0,4 cm³ Zehntel-Normal-Natronlauge erforderlich waren, und mit der Trommer'schen Probe war ein positives Resultat zu erhalten, mit dem Barfoed'schen Reagens gekocht fiel dagegen kein Oxydul aus. Eine zur Controlle denselben äusseren Umständen ausgesetzt gewesene Portion derselben Glykogenlösung, jedoch ohne Zusatz, zeigte nach dieser Zeit keine der eben genannten Veränderungen.

Die nach diesen Proben übriggebliebene Menge von 17 cm³. des Darmsaft-Glykogengemisches wurde mit der dreifachen Alkoholmenge versetzt, um alles unveränderte Glycogen auszufällen, das Filtrat eingedampft und der Trockenrückstand in 17 cm³ dest. Wassers gelöst, um das Reductionsvermögen zu bestimmen. Es ergab sich dabei, dass es seiner Grösse nach dem einer 0,1%igen Dextroselösung entsprach. Der Rest der Lösung wurde

in einem Kölbchen mit einigen Tropfen Schwefelsäure versetzt, und unter Anwendung des Rückflusskühlers, um einer Concentration vorzubeugen, durch 2 Stunden am Wasserbade gekocht. Nach erfolgter Abkühlung und Neutralisation mit concentrirter Aetzkalilösung ergab die Barfoed'sche Reaction ein schwach positives Resultat, und das Reductionsvermögen entsprach nun dem einer 0,14%igen Dextroselösung.

Auf eine nähere Untersuchung der bei der Verdauung von Glykogen durch den Darmsaft entstehenden Körper wurde deshalb nicht eingegangen, weil, wie aus dem Reductionsvermögen zu schliessen war, ungefähr nur ein $^1/_8$—$^1/_4$ der Menge reducirender Substanzen gebildet wird, wie bei der Einwirkung von Darmsaft auf Stärkekleister, und demnach das Aufsammeln der zur Untersuchung notwendigen Menge mindestens das 3—4fache der Zeit in Anspruch genommen hätte, die für die Untersuchung der Verdauungsproducte der Stärke erforderlich war, und weil überdies mit grösster Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann, dass hier, ebenso wie bei der Stärke, neben Dextrin Traubenzucker gebildet wird und nicht Maltose, wie bei der Einwirkung von Speichel, Pankreasferment und Diastase auf Stärke oder Glykogen.

Es galt zwar ehemals die Lehre, dass bei der Speichel- und Pankreasverdauung der Stärke und des Glykogens Traubenzucker entstehe, bis die ersten Bedenken dagegen durch Seegen[1]) erhoben wurden, aus dessen Versuchen sich ergab, dass nach vollendeter Fermentation aus einer bestimmten Glykogenmenge sich nur ein Bruchtheil der berechneten Traubenzuckermenge bei der Prüfung des Reductionsvermögens nachweisen lässt, woraus Seegen den Schluss zog, dass sich das Glykogen entweder nicht, wie angenommen wird, in Traubenzucker umwandelt, sondern in eine andere Zuckerart, deren Reductionsvermögen von dem der Dextrose verschieden ist, oder aber, dass noch andere Spaltungsproducte neben Zucker gebildet werden. Diese Vermuthungen Seegen's wurden bald darauf durch die Untersuchungen von Musculus und v. Mehring[2]) bestätigt, indem letztere fanden, dass Stärke, sowie Glykogen durch Diastase, Speichel und Pankreasferment in

1) Seegen: Ueber die Umwandlung von Glykogen in Traubenzucker durch Speichel- und Pancreasferment. Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1876, 25. November, Nr. 48, S. 849—851.

2) Muculus u. v. Mehring l. c.

Achroodextrin, welches alkalische Kupferlösung reducirt und in Maltose gespalten wird, und dass gleichzeitig Traubenzucker in geringer Menge auftritt.

Bei der Einwirkung des Darmsaftes auf Stärke steht die Sache, wie schon gesagt, anders, da nicht Maltose, sondern Dextrose gebildet wird, und mit dem Glykogen ist höchst wahrscheinlich das Gleiche der Fall. Immerhin könnte vielleicht Letzteres, namentlich auf Grund des schon über das Reductionsvermögen und das Verhalten gegen Barfoed'sches Reagens der untersuchten Glykogen-Darmsaft-Gemische Mitgetheilten angenommen werden, dass aus Glykogen Maltose und nicht Traubenzucker entstehe. Dieser Annahme steht nun die schwerwiegende Thatsache im Wege, die früher schon einmal erwähnt und im Nachfolgenden ausführlich mitgetheilt werden soll, die Thatsache nämlich, dass der Darmsaft des Lammes die Eigenschaft besitzt, Maltose glattauf in Dextrose überzuführen, dass also, wenn auch in der ersten Zeit der Einwirkung des Darmsaftes auf Glykogen, Maltose entstünde, diese im weiteren Verlaufe jedenfalls in Traubenzucker umgewandelt worden sein müsste.

Ueberdies ist das Verhalten der wässerigen Lösung des Trockenrückstandes vom alkoholischen Extracte aus dem Darmsaft-Glykogen-Gemische Barfoed'schem Reagens gegenüber leicht zu erklären. In den Alkohol ist neben dem entstandenen Traubenzucker sicher noch ein Theil vom gebildeten Dextrin übergegangen, das bekanntlich ein weit geringeres Reductionsvermögen hat, als jener. Wenn sich demnach bei der Prüfung des Reductionvermögens ein Werth ergeben hat, der einer 0,1 %igen Dextroselösung entspricht, so folgt daraus, dass der Gehalt an Traubenzucker jedenfalls geringer gewesen sein muss als 0,1 %. Nun kann man sich aber leicht überzeugen, dass die Reduction von Barfoed'schem Reagens durch Traubenzuckerlösungen unter 0,1% nicht oder nur kaum zu erkennen ist, da ja, wie bekannt, nur das Ausfallen von Oxydul nach ganz kurz dauerndem Kochen entscheidend ist. Wenn dann nach zweistündigem Kochen mit Schwefelsäure das Reductionsvermögen gestiegen und die Barfoed'sche Reaction positiv ausgefallen war, so erklärt sich dies leicht dadurch, dass infolge dieser Behandlung das Dextrin, oder wenigstens ein Theil desselben in Traubenzucker übergeführt worden ist, somit in der untersuchten Lösung mehr Dextrose vorhanden war als zuvor, und zwar eine

Menge, die bei kurzdauerndem Kochen mit Barfoed'schem Reagens das Ausfallen von Oxydul gut wahrnehmen liess.

4. Auf Maltose.

Nach 24 stündigem Stehen einer Mischung von 20 cm^3 $1^0/_0$iger Maltoselösung mit etwa 3 cm^3 Darmsaft war dieselbe sauer, und bedurfte es eines Zusatzes von 0,4 cm^3 Zehntelnormalnatronlange um sie zu neutralisiren. Jetzt reducirte diese Lösung im Gegensatze zu früher Barfoed'sches Reagens, und ihr Reductionsvermögen war gestiegen und entsprach genau dem einer $1^0/_0$ igen Dextroselösung.

Deshalb würde in einem zweiten Versuche ein Gemisch von Maltoselösung und Darmsaft von der eben erwähnten Zusammensetzung, nachdem es durch 24 Stunden auf einer Temperatur von 38^0 C. gehalten worden war, mit der dreifachen Menge absoluten Alkohols versetzt, um die Bestandtheile des Darmsaftes, und wenn schon nicht alle, so doch die bei der Bestimmung des Drehungsvermögens störenden Eiweisskörper zu entfernen, das Filtrat eingedampft und der Rückstand auf seine Natur untersucht.

Er erwies sich seinem Drehungs- und Reductionsvermögen nach, das nach zweistündiger Behandlung mit Schwefelsäure in der Kochhitze ungeändert blieb, und nach dem Schmelzpunkte seines Osazons als Dextrose.

5. Auf Rohrzucker.

Ebenso wie Maltose wird Rohrzucker unter der Einwirkung von Darmsaft invertirt. Ludwig Vella[1]) theilt schon mit, dass der Darmsaft des Hundes Rohrzucker invertirt. 20 cm^3 einer $1^0/_0$ igen Lösung von Candiszucker mit ca. 3 cm^3 Darmsaft vom Lamm versetzt, zeigt nach 24 stündigem Stehen im Brutschranke saure Reaction, die durch Zusatz von 1,7 cm^3 Zehntelnormalnatronlauge abgestumpft wird, und lässt sowohl bei Anstellung der Trommer'schen Probe, wie beim Kochen mit Barfoed'schem Reagens Oxydul fallen, während eine andere Portion derselben Candiszuckerlösung, die gleich lange wie erstere, aber ohne Zusatz von Darmsaft, im Brutschranke gestanden hat, nach dieser Zeit kaum eine Spur spontaner Inversion bei der Prüfung mit der Trommer'schen Probe darbot.

1) L. Vella l. c.

Das Reductionsvermögen der Candiszuckerlösung, auf die der Darmsaft eingewirkt hat, war genau gleich jenem, welches eine andere Menge derselben Lösung zeigte, nachdem sie in einem Kölbchen nach Zusatz von 5 Tropfen conc. Schwefelsäure unter Anwendung des Rückflusskühlers durch 10 Minuten gekocht und nach dem Abkühlen mit concentrirter Aetzkalilösung neutralisirt worden war, d. h. aus 0,20 gr Candiszucker ist durch 24stündige Einwirkung von Darmsaft ebensoviel Invertzucker entstanden.

6. Auf Milchzucker.

Ein Gemisch von 20 cm³ 1% iger Milchzuckerlösung und 3 cm³ frischen Darmsaftes zeigt, nachdem es 24 Stunden im Brutschranke bei 38° C. gestanden hat, saure Reaction, deren Grad durch das zur Neutralisation nothwendige Volumen Zehntelnormalnatronlauge von 0,4 cm³ ausgedrückt erscheint. Ausser dieser Säuerung konnte keine Veränderung beobachtet werden, insonderheit keine Aenderung des Reductionsvermögens. Wichtig ist ferner, dass die Milchzuckerlösung sowohl bei Beginn des Versuches, wie nach 24 stündiger Einwirkung von Darmsaft beim Kochen mit Barfoed'schem Reagens kein Oxydul fallen machte. Aus den angeführten Thatsachen lässt sich der sehr wichtige Schluss ziehen, dass der Milchzucker durch den Darmsaft des Lammes nicht wie die beiden im Vorhergehenden besprochenen Disaccharide, die Maltose und der Rohrzucker, inventirt wird.

7. Nebenbei sei noch erwähnt, dass auch mit zwei minder bekannten Zuckerarten aus der Reihe der Pentosen, mit Xylose und Arabinose[1]), Verdauungsversuche in derselben Anordnung gemacht wurden, wie bei den vorgenannten Disacchariden. Ausser einer Säuerung, zu deren Neutralisation 0,3 cm³ Zehntelnormalnatronlauge erforderlich waren, konnte weder eine Aenderung des Reductionsvermögens, noch sonst eine Veränderung beider Körper ermittelt werden.

c) Auf Fette.

Zum Zwecke der Ermittelung eventueller fermentativer Wirkungen des Darmsaftes auf Fette wurde ähnlich vorgegangen, wie man es thut um die fettspaltende Wirkung des Succus pancreaticus nach Claude Bernard zu demonstriren.

---

1) bezogen von Dr. Bender und Dr. Hobein, München.

Dementsprechend wurden drei Uhrgläschen mit gut bereiteter blauer Lackmustinctur beschickt, zu zweien davon wurde von einer in einer Eprouvette hergestellten concentrirten ätherischen Lösung von frischer Butter zugesetzt und solange mit einem Glasstabe gerührt, als noch ein deutlicher Aethergeruch vorhanden war. In eines der beiden mit Lackmustinctur und Butterfett beschickten Uhrgläschen kam nun eine Portion Darmsaft und ebensoviel in das Lackmustinctur allein enthaltende Gläschen. Jedes der drei Uhrschälchen wurde mit einem ebensolchen bedeckt und jedes Paar durch eine Messingspange aneinandergedrückt erhalten um den Inhalt vor Luftzutritt zu schützen, sowie man es bei der Wägung getrockneter Substanzen zu thun pflegt. Danach zeigt der Inhalt des ersten, Darmsaft und Lackmustinctur enthaltenden Uhrgläschens und der des zweiten mit Fett, Darmsaft und Lackmustinctur beschickten, deutliche Blaufärbung; das dritte, Lackmustinctur und Butterfett enthaltende Gläschen erscheint entweder auch blau, oder, wenn die Butter nicht mehr ganz frisch war, violett gefärbt. Diese drei verschlossenen Uhrgläschen wurden nun bis auf Weiteres in den Brutschrank mit 38 ° C. gebracht.

Nach 24 Stunden ist das Darmsaft-Lackmusgemisch blau wie zuvor, das Lackmus-Buttergemisch gewöhnlich etwas violett, oder im Falle als eine nicht mehr frische Butter verwendet wurde, sogar roth. Der Inhalt des Gläschens, in dem Lackmustinctur, Butterfett und Darmsaft zusammengebracht worden waren, ist stets blau geblieben, oder zeigt höchstens eine schwache Entfärbung.

Diese Entfärbung trat anfangs regelmässig auf, als diese Versuche nicht zwischen Uhrgläschen, sondern in offen gelassenen Eprouvetten angestellt wurden, und kam es dabei oft zu vollständiger Entfärbung. Aber auch da konnte man beim Nachprüfen der Reaction, sei es indem frische Lackmustinctur zugegossen wurde, oder mit Lackmuspapier, stark alkalische Reaction nachgewiesen werden.

Ebensowenig konnte eine fettspaltende Wirkung des Darmsaftes in den Versuchen beobachtet werden, die mit pflanzlichen Fetten, und zwar mit Ol. Ricini und Ol. Olivarum, in genau derselben Weise angestellt wurden, wie die voranstehend mitgetheilten Versuche mit Butter.

Nur eine Thatsache konnte beobachtet werden, die vielleicht bei der Verdauung doch eine Rolle spielen dürfte, es ist dies die

Eigenschaft des Darmsaftes, beim Schütteln mit Fetten eine Emulsion zu bilden, die sich ziemlich lange hält; es steigen zwar die fein vertheilten Fettkügelchen, wenn das Röhrchen nach dem Schütteln ruhig stehen gelassen wird, an die Oberfläche und bilden daselbst eine Rahmschichte, ohne dass sie sich jedoch vereinigen würden. Diese Eigenschaft ist nicht specifisch für den Darmsaft, sondern ist lediglich auf seinen Gehalt an kohlensauren Alkalien und an Eiweisskörpern zurückzuführen.

7. Autopsie.

Am 11. Mai 1895 wurde das Versuchsthier getödtet. Nach Eröffnung der Bauchhöhle, bei der darauf Bedacht genommen wurde, dass die die Fistel umgebende Bauchwand mit ersterer im Zusammenhang blieb, und nachdem das sehr fettreiche Netz theilweise entfernt worden war, fiel in der linken regio hypogastrica ein Convolut von untereinander fest verklebten Darmschlingen auf, die von dem übrigen, infolge des Durchscheinens von Chymus dunkelgrün erscheinenden Dünndarmes, durch seine lichte Färbung und das engere Lumen lebhaft abstachen. In einer dicken, sehr fettreichen, durch Verwachsung von mehreren Mesenterialblättern mit Antheilen des Omentums entstandene Bauchfellplatte konnte man sowohl mit dem Auge, noch besser aber mit den tastenden Fingern zwei breite, flache, 12 cm lange, geradlinig verlaufende Stränge einerseits bis zum erwähnten Darmconvolut, andrerseits bis zur Fistel verfolgen. Es sind dies die beiden Enden des isolirten Darmstückes, in welche bei der Gewinnung von Darmsaft die beiden Katheter eingeführt wurden, und das erwähnte Convolut die dazwischen befindliche Partie des isolirten Darmes.

Um die weitere Präparation leichter ausführen zu können, wurde die Cardia ligirt und über derselben der Oesophagus und die grossen Gefässe durchschnitten, der mit den Genitalien und der Blase zusammenhängende Mastdarm nach Umschneidung in die Bauchhöhle gezogen und schliesslich der gesammte Inhalt der letzteren von der hinteren Bauchwand abgelöst, um dann die Eingeweide für die weitere Untersuchung ausserhalb des Thierkörpers bequem lagern zu können. Da sich auch jetzt eine Präparation der die Fistel betreffenden Theile als erfolglos erwies und da andrerseits eine Bestimmung der Länge des Darmes, insbesondere eine Bestimmung

der Entfernung der Nahtstelle einerseits von der Cardia, andrerseits vom Anfangstheil des Dickdarms von Interesse ist, namentlich seit F. Röhmann[1]) für den Hund die Angabe gemacht hat, dass die Secretion im oberen und unteren Abschnitte des Dünndarmes Verschiedenheiten zeigt, wurde der Dünndarm von der Cardia an bis einige dm vor seiner Verwachsung mit dem isolirten Darmstücke, und ebenso der übrige Darm vom Mastdarm angefangen bis in die Nähe der Nahtstelle vom Mesenterium abgelöst, und die einzelnen Abschnitte desselben gemessen.

Bei diesen Messungen kam man zu folgenden Werthen:

Länge des Dünndarmes vom Magen bis zur Nahtstelle .	13,5 m
Von der Nahtstelle bis zur Einmündung des Dünndarmes in den Dickdarm	5,5 m
Dickdarm und Mastdarm	6,0 m
Länge des Digestionstractes von der Cardia bis zum After	25,0 m
Halber Umfang des Dünndarmes	20 mm

Nun konnte der von seinem Mesenterium losgetrennte Darm vollkommen entfernt werden, so dass nur das Präparat des isolirten Darmstückes im Zusammenhange mit der die Fistel umgebenden Bauchwand und daran ein Stück Dünndarm zurückblieb, in dessen Mitte ungefähr sich die Nahtstelle befindet. Die früher bei Gelegenheit der Peristaltik erwähnte Bestimmung der Enden des isolirten Darmstückes, die ich mir durch Verfolgung des Zusammenhanges des Mesenteriums der Fistelpartie mit dem Mesenterium des übrigen Dünndarmes vorher nicht nur als vollkommen richtig, sondern auch als leicht durchführbar vorstellte, scheiterte vollkommen an dem schon erwähnten Umstande, dass in Folge örtlicher Entzündungsvorgänge, wie man schliessen muss, Gekrösefalten, Netz und Darmschlingen mehrfach und unentwirrbar verwachsen waren; überdies war noch in der ganzen Bauchhöhle und ganz besonders im Bereiche des vorliegenden Präparates das peritoneale Fett ausserordentlich reichlich entwickelt. In Bezug auf die vorliegende Frage ergab sich aber doch das eine, dass die beiden Enden des isolirten Darmstückes in ganz gleicher Weise

1) Dr. F. Röhmann, Ueber Secretion und Resorption im Dünndarm. Pflüger's Archiv f. Ph. 41. S. 422.

in der Hautöffnung mündeten und zwischen sich ganz symmetrisch einen Sporn liegen hatten, der aus der Verwachsung der aneinanderliegenden Wandungen der Fistelenden hervorgegangen war, dass also das leichtere Herausrutschen des Katheters aus der vordern, d. h. dem Nabel näher gelegenen Fistelöffnung nicht etwa durch zufällige Lagerungsverhältnisse, sondern, wie man nun mit mehr Sicherheit annehmen kann, durch die Peristaltik allein bedingt war.

Als Rest des ehemaligen Prolapses fand sich eine der vordern Wand der proximalen Fistelöffnung pilzähnlich aufsitzende und die Hautöffnung der Fistel leicht ausfüllende Schleimhautvorwulstung vor, deren grösster Durchmesser 12 mm beträgt. Im ganzen Umkreise der Fistel war die Haut in einer Breite von 2 cm mit der darunterliegenden Fascie fest verwachsen, und es befand sich an dieser Stelle ein solider, ein, stellenweise bis 2 cm dicker Ring von fast knorpelhartem Narbengewebe, durch welchen hindurch die beiden Darmenden nach aussen traten. Es ist dies jenes Gebilde, das sich stets zu verengern trachtete, so dass es im Leben öfter gedehnt werden musste, um die Fisteln sondiren zu können, und dessen Vorhandensein die Richtigkeit der im Vorhergehenden (2. Nachbehandlung) gemachten Annahme, dass es consolidirtes Narbengewebe sein müsse, das die Wiederbildung eines Prolapses verhindert, vollkommen bestätigt.

Die Länge des isolirten Darmstückes beträgt 72 cm [1]). Der Umfang der beiden gestreckt verlaufenden Endstücke, in die die Katheter eingeführt wurden, ist gleich dem des übrigen, nicht ausgeschalteten Darmes, während der halbe Umfang der im Convolut miteinander und untereinander verwachsenen Darmschlingen zwischen 12 und 17 mm schwankt. Letztere zeigen überdies häufig und stets an der der Mesenterialinsertion gegenüberliegenden Seite bis linsengrosse Vorbauchungen ihrer Wände.

Die Stelle der Naht war, wie schon erwähnt, mit dem isolirten Darmstücke fest verwachsen und nach Entfernung des Netzes

---

1) In der Beschreibung des Operationsverfahrens wurde die Länge des isolirten Darmstückes auf Grund der damaligen Schätzung mit ca. 50 cm angegeben. Diese Angabe konnte dort nur auf Grund einer Schätzung gemacht werden, weil eine Messung ohne einen Verstoss gegen die Antiseptik zu machen, schwer durchführbar und umständlich gewesen wäre.

nur an einer seichten Einkerbung kenntlich. Wichtig ist, dass diese Stelle auch jetzt noch, über 11 Monate nach der Operation, deutlich weiter war als der übrige Darm.

Das ganze Präparat wurde schliesslich in 10%ige Formollösung behufs Fixirung gelegt und mit solcher auch angefüllt; dabei erwies sich das isolirte Stück als vollkommen durchgängig, sowie es auch stets durchgängig gefunden wurde, als es am lebenden Thiere einigemal mit physiologischer Kochsalzlösung durchgespritzt wurde. Sollte sich bei der histologischen Untersuchung der Fistel Wissenswerthes ergeben, so soll dies nachträglich mitgetheilt werden.

Zum Schlusse sei noch eine Berechnung der während eines Tages abgesonderten Darmsaftmenge mitgetheilt. Aus den bei der Autopsie gefundenen Werthen ergiebt sich, dass die Oberfläche der Schleimhaut des isolirten Darmstückes ungefähr 216 cm^2, und die des ganzen Dünndarmes, das Fistelstück miteingerechnet, 7888 cm^3 beträgt. Während der ersten drei Stunden nach der Nahrungsaufnahme waren aus der Fistel 15 gr zu gewinnen, der ganze Dünndarm hätte demnach 546 gr abgesondert; in den restlichen 21 Stunden lieferte die Fistel 63 gr, die ganze Dünndarmoberfläche demnach 2289 gr. In 24 Stunden hätte demnach der gesammte Dünndarm des Schafes die riesige Menge von 2835 gr Darmsaft abgesondert.

Es ist einleuchtend, dass die berechneten Zahlenwerthe nur dann der Wirklichkeit entsprächen, wenn die Voraussetzungen zuträfen, dass die Secretion im isolirten Darmstücke in ganz der gleichen Weise vor sich geht, wie im übrigen Darme, dass in allen Theilen des letzteren die Absonderung gleich ist, und dass schliesslich aus der Fistel die ganze, während des Versuches abgesonderte Darmsaftmenge, und nur diese, gewonnen wurde und bestimmt werden konnte, — Voraussetzungen, deren Richtigkeit mindestens angezweifelt werden kann.

Der angeführten Berechnung kann man aber das als gesichert entnehmen, dass der Darmsaft des Schafes in einer Menge abgesondert wird, die jene, wie sie für den Hund angenommen wird[1]), vielfach übersteigt.

1) Thiry l. c. berechnet, dass die vom Hunde in 24 Stunden abgesonderte Darmsaftmenge 360 gr beträgt.

Ueber die Singstimme der Kinder.

Nach Untersuchungen an den Kieler städtischen Schulen

von

Dr. **Ed. Paulsen** in Kiel.

Es ist schon von Treitel[1]) darauf hingewiesen, dass die Singstimme der Kinder die geringe Beachtung, welche ihr von physiologischer Seite bisher zu Theil geworden ist, weder vom theoretischen noch vom practischen Standpunkte verdiene. Wie wichtig die Kenntniss der Entwicklung und des Umfanges der Kinderstimme grade in practischer Beziehung, für den Gesangunterricht ist, das lehren die übereinstimmenden, immer lebhafter werdenden Klagen von Schulmännern, Gesanglehrern und Aerzten über die Gefahren und Schädigungen, denen das zarte, kindliche Stimmorgan durch den heutigen unrichtig geleiteten Schulgesang mit seiner Neigung zu musikalischen Kraftproductionen ausgesetzt ist. Wohl besteht das Bestreben sich behufs Vermeidung von Ueberanstrengung der Kehlkopfmuskulatur innerhalb der natürlichen Stimmmittel der Kinder zu halten. Es bezeugen dies die von Schulbehörden und Chorgesangsschulen gegebenen Anweisungen über den auf den verschiedenen Gesangsstufen der Schule innezuhaltenden Tonumfang. Allein der Mangel einer hinreichenden physiologischen Grundlage für die richtige Beurtheilung der Leistungsfähigkeit des kindlichen Stimmorgans muss nothgedrungen durch andere Hülfsmittel ersetzt werden, wobei dann allgemeine subjektive Eindrücke und die Werthung des Stimmmaterials der grossen Menge nach dem Maassstabe

---

1) Treitel, Ueber die Stimme kleiner Kinder. Centralblatt für Physiologie. Bd. V. Nr. 15. 1891.

einer besseren Minderheit naturgemäss in den Vordergrund treten. Weitere Untersuchungen über den Stimmumfang der Kinder in der von Vierordt[1]) eingeschlagenen Richtung sind deshalb gewiss wünschenswerth und liegen namentlich solchen Aerzten nahe, welche häufiger mit den Erkrankungen des Stimmorgans und den Störungen der Stimme in Berührung kommen. Dies ist auch für mich die Veranlassung gewesen in den hiesigen städtischen Schulen die Singstimme der Kinder einer Prüfung zu unterziehen, deren Ergebnisse ich im Folgenden mittheile. Es ist das ganze schulpflichtige Alter berücksichtigt: die Knaben vom 6. bis 15., die Mädchen vom 6. bis 14. Jahre. Jede Altersklasse ist durch mindestens 250 Individuen beiden Geschlechtes vertreten. Das Material umfasst im Ganzen 4944 Kinder: 2685 Knaben und 2259 Mädchen. Selbstverständlich sind nur Kinder mit intacten Athmungs- und Stimmwerkzeugen als für den vorliegenden Zweck geeignet angesehen worden, während ich Schwerhörigkeit nicht als Hinderniss betrachtete in der auch durch die Erfahrung bestätigten Annahme, dass geringes musikalisches Gehör und herabgesetzte Hörfähigheit nicht nothwendig mit einander verbunden sind. Auch bei einzelnen geistig sehr schwach entwickelten, fast idiotischen Kindern liess sich ein gutes musikalisches Gehör erkennen. Den natürlichen Umfang der Singstimme selbst, d. h. die leicht und bequem, ohne Kraftleistung oder Anstrengung producirbare Anzahl musikalisch brauchbarer Töne der verschiedenen Register hatte der hiesige Gesanglehrer, Herr Th. Gänge, die Güte in der Weise festzustellen, dass die 6- und 7jährigen Kinder kleine, ihnen geläufige Lieder bei nicht zu starker Tongebung, ältere Kinder aber verschiedene Durscalen auf den Vocal *a* in auf- und absteigender Bewegung singen mussten, wobei die Ueberschreitung der natürlichen Grenzen der Register wie überhaupt irgend welche gewaltsame Behandlung der Stimme nicht geduldet wurde. Es wurde dabei nur die Stimmgabel benutzt und zwar die Pariser Stimmung (a^1=435 Schwingungen).

Eine Uebersicht über den Stimmumfang unserer Kinder selbstredend mit Ausschluss der mutirenden Knaben, geben die Tabellen 1 und 2, welche der von Vierordt für die Mädchenstimme gegebenen entsprechen. Die Zahlen zeigen die Procentsätze der Knaben

1) Physiologie des Kindesalters. 1877.

resp. Mädchen an, bei denen der angegebene Ton die Stelle des tiefsten resp. höchsten Tones des Stimmumfanges einnimmt. Bei den Angehörigen jeder Altersklasse schwankt der höchste wie der tiefste Ton ganz erheblich. Für die Mädchen bezeichnen im 6. Lebensjahre *a* und fis^2 die Grenzen, innerhalb welcher sich die Stimmen bewegen. Eine Zunahme nach der Tiefe tritt erst nach mehreren Jahren ein: erst im 9. Jahre kommt das g hinzu. Dann folgt wieder ein längerer, von einer Ausnahme abgesehen, ein vierjähriger Stillstand, bis im 13. Lebensjahre plötzlich die grösste Tiefe, das *e*, erreicht wird. Die Mädchenstimme erweitert sich also nach der Tiefe in dieser Periode nur um zwei ganze und einen halben Ton. Dagegen erfolgt in derselben Zeit die Zunahme nach der Höhe schneller und ausgiebiger. Schon im elften Lebensjahre ist die grösste Höhe, d^3, erreicht, so dass hier vier ganze Töne hinzugekommen sind. Die Knabenstimme ist anfangs nach beiden Richtungen hin enger begrenzt. Sie liegt im sechsten Jahre zwischen *h* und f^2. Die Zunahme nach Oben ist dann zwar eine ebenso grosse wie bei den Mädchen, indem auch hier vier ganze Töne aufgenommen werden, aber die grösste Höhe mit cis^3 wird erst ein Jahr später, im zwölften Jahre erreicht. Nach unten dagegen erweitert sich die Knabenstimme erheblicher als die Mädchenstimme: von Jahr zu Jahr fast ununterbrochen fortschreitend gewinnt sie allmählich vier ganze und einen halben Ton und erreicht ebenfalls im dreizehnten Jahre ihre grösste Tiefe das *d*. Gegen das Ende der Kindheitsperiode umfasst die Stimme demnach fast drei Octaven. Der voll entwickelten Knabenstimme mit dem Umfange $d-cis^3$ steht die ausgebildete Mädchenstimme mit dem Umfang $ee-d^3$ gegenüber, übertrifft somit erstere in der Höhe um einen halben Ton, während sie in der Tiefe um einen ganzen Ton zurückbleibt. Werden an den Stimmgrenzen die unter ein Procent betragenden, nur ein oder zwei Individuen repräsentirenden Zahlen als Ausnahmefälle nicht berücksichtigt, dann treten die charakteristischen Eigenschaften, die Ueberlegenheit der Mädchenstimme hinsichtlich der Höhe, der Knabenstimme bezüglich der Tiefe noch deutlicher hervor. Ferner zeigt dann die Anzahl der allen Individuen eines Jahrganges gemeinsamen Töne eine fast ununterbrochene Zunahme und steigt von e^1-f^1 resp. e^1-g^1 im sechsten Jahre bis zu einer Octave im dreizehnten Jahre, die aber bei den Knaben einen ganzen Ton tiefer liegt als bei den Mädchen.

Tabelle 1.

Die Knabenstimme.

Alter. Zahl der Knaben	Untere Stimmgrenze: d	es	e	f	ges	g	as	a	b	h	c¹	des¹	d¹	es¹	e¹
6 Jahr = 265	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,2	21,5	16,2	41,5	7,5	9,1
7 „ = 346	—	—	—	0,3	—	0,3	—	—	0,9	4,9	22,8	13,9	49,1	4,0	3,8
8 „ = 253	—	—	—	0,4	—	—	—	4,0	4,0	9,5	34,8	11,5	28,8	5,1	2,0
9 „ = 252	—	—	—	—	—	—	1,6	10,3	10,7	26,6	29,4	3,6	16,3	0,8	0,8
10 „ = 257	—	—	—	—	0,8	1,6	3,1	19,8	16,3	30,0	19,8	2,7	5,1	0,4	0,4
11 „ = 251	—	—	—	0,8	0,4	4,0	6,8	26,3	18,0	27,5	12,0	2,4	2,0	—	—
12 „ = 251	—	—	0,4	0,8	2,4	6,0	15,1	33,5	17,1	20,0	4,0	0,4	0,4	—	—
13 „ = 229	—	0,4	1,3	2,2	1,7	14,8	16,6	30,1	15,3	16,2	1,3	—	—	—	—
14 „ = 196	0,5	—	0,5	6,1	5,6	20,4	18,9	27,6	12,8	4,6	3,1	—	—	—	—
15 „ = 124	—	—	2,4	6,5	7,3	29,0	15,3	24,2	8,9	5,6	0,8	—	—	—	—
Zusammen 2424															

Alter. Zahl der Knaben	Obere Stimmgrenze: e¹	f¹	fis¹	g¹	gis¹	a¹	ais¹	h¹	c²	cis²	d²	dis²	e²	f²	fis²	g²	gis²	a²	ais²	h²	c³	cis³
6 Jahr = 265	—	1,5	0,4	6,8	4,2	18,9	4,2	23,4	18,5	6,8	10,6	0,4	3,8	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—
7 „ = 346	0,3	1,7	—	3,2	2,6	14,2	2,9	21,4	23,4	8,4	14,5	2,6	3,5	0,9	0,6	—	—	—	—	—	—	—
8 „ = 253	—	—	—	2,4	0,4	11,1	3,6	17,8	15,8	6,7	16,6	4	8,7	8,7	2	1,2	—	0,8	—	0,4	—	—
9 „ = 252	—	—	—	0,8	1,2	4	1,2	8,3	7,1	2	16,3	7,1	13,9	16,7	6,7	11,1	1,6	2	—	—	—	—
10 „ = 257	—	—	—	—	—	1,6	1,6	2,3	7	5,4	9,7	9,3	14	22,2	7,8	9,3	4,3	2,7	1,6	0,8	0,4	—
11 „ = 251	—	—	—	1,2	—	1,6	—	0,8	4,4	2,8	8	9,2	15,1	17,5	11,6	12	3,6	6	4,4	2	—	—
12 „ = 251	—	—	—	—	—	—	0,8	0,8	1,2	1,2	10,8	6,8	11,6	26,3	10	10	4,8	6,4	5,2	3,2	0,8	0,4
13 „ = 229	—	—	—	—	—	0,4	0,4	—	2,2	1,7	10,5	8,7	9,6	22,3	11,8	12,7	6,1	4,4	5,7	1,7	1,3	0,4
14 „ = 196	—	—	—	—	—	—	—	2,6	4,1	2,6	6,1	8,7	10,2	22,4	9,7	11,7	6,6	6,6	5,6	1,5	1,5	—
15 „ = 124	—	—	—	—	—	0,8	—	—	6,5	2.4	7,3	12,1	12,1	16,9	11,3	15,3	3,2	4,8	4,8	2,4	—	—

Mutirende 12 Jahr = 3, 13 Jahr = 27, 14 Jahr = 95, 15 Jahr = 135, Vollendete Mutation = 1: Zusammen 2685.

Tabelle 2.

Die Mädchenstimme

Alter. Zahl der Mädchen	Untere Stimmgrenze: e	f	ges	g	as	a	b	h	c¹	des¹	d¹	es¹	e¹	f¹
6 Jahr = 251	—	—	—	—	—	1,2	1,2	7,2	37	6	41,8	2,4	3.2	—
7 „ = 250	—	—	—	—	—	5,2	7,2	20,4	28,8	8,8	25,2	2	2	0,4
8 „ = 250	—	—	—	—	—	8	7,2	34,8	18,4	8	21,2	1,6	0,8	—
9 „ = 250	—	—	—	0,4	1,2	11,2	13,2	34,8	18	6,4	14,8	—	—	—
10 „ = 250	—	—	—	0,4	0,4	21,2	10	31,2	23,2	2,4	10,8	—	0,4	—
11 „ = 251	—	0,4	—	2	2,8	21,1	11,6	34,7	20,7	2	4,4	0.4	—	—
12 „ = 252	—	—	—	4,8	3,6	29	11,9	32,1	15,5	—	3,2	—	—	—
13 „ = 250	0,4	0,8	1,6	6	4,8	38,4	12,8	23,6	9,2	—	1,6	0,4	0,4	—
14 „ = 255	—	0,8	1,2	7,5	6,3	31,4	19,6	22	9,4	0,8	1,2	—	—	—
2259														

Alter. Zahl der Mädchen	Obere Stimmgrenze: e¹	f¹	fis¹	g	gis¹	a¹	ais¹	h¹	c²	cis²	d²	dis²	e²	f²	fis²	g²	gis²	a²	ais²	h²	c³	d³
6 Jahr = 251	0,4	0,8	—	4,8	—	27,9	2,8	27	14,7	4	8,4	1,2	3,6	3,2	1,2	—	—	—	—	—	—	—
7 „ = 250	—	—	—	0,8	—	7,6	2	11,2	13,6	3,6	23,2	1,2	11,2	13,6	2,8	6	1,6	1,6	—	—	—	—
8 „ = 250	—	—	—	0,8	—	1,6	0,8	4,4	4,8	4,4	19,6	1,6	14	24	8,4	14	1,2	0,4	—	—	—	—
9 „ = 250	—	—	—	—	—	0,4	—	0,8	2,8	1,6	10,8	3,2	16,8	27,6	12,8	12,8	4	4	1,6	0,4	0,4	—
10 „ = 250	—	—	—	0,4	—	0,4	—	0,4	2,4	0,8	7,2	1,2	14,4	23,2	10	19,2	3,6	10,4	3,2	3,2	—	—
11 „ = 251	—	—	—	—	—	—	—	0,4	1,2	—	5,6	1,6	10,4	18,3	12,7	21,1	8,4	11,2	4	2,4	1,6	1,2
12 „ = 252	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6	—	1,6	2	8,3	21,8	11,5	17,9	2,8	18,7	3,2	6,7	3,2	0,8
13 „ = 250	—	—	—	0,4	—	—	—	—	0,4	—	2,4	0,4	8,8	19,2	9,6	18,4	6,4	16,4	4,4	8,4	4,8	—
14 „ = 255	—	—	—	—	—	—	—	—	0,8	0,8	1,2	1,6	7,1	22	11,8	22,4	7,5	13,7	7,1	2,7	1,2	0,4

Die Knabenstimme,
mit Fortlassung der unter ein Procent betragenden Grenzzahlen.

Die maximale Höhe und Tiefe ist in Klammern beigefügt.

Gemeinsame Töne

Jahr	Untere Stimmgrenze		Obere Stimmgrenze
6.	*h*—e^1		f^1—e^2 (f^2)
7.	(*f*) *h*—e^1		f^1—e^2 (fis^2)
8.	(*f*) *a*—e^1	.	g^1—g^2 (h^2)
9.	*as*—d^1	. . .	gis^1—a^2
10.	(*ges*) *g*—d^1	. . . . .	a^1—ais^2 (c^3)
11.	(*f*) *g*—d^1	. .	g^1—h^2
12.	(*e*) *ges*—c^1	. . . .	c^2—h^2
13.	(*es*) *e*—c^1	. . . .	c^2—c^3 (cis^3)
14.	(*d*) *f*—c^1	. . . .	h^1—c^3 (cis^3)
15.	*e*—*h*	. . . .	c^2—h^2

Die Mädchenstimme,
mit Fortlassung der unter ein Procent betragenden Grenzzahlen.

Die maximale Höhe und Tiefe ist in Klammern beigefügt.

Gemeinsame Töne

Jahr	Untere Stimmgrenze		Obere Stimmgrenze
6.	*a*—e^1	.	g^1—fis^2
7.	*a*—e^1	. .	a^1—a^2
8.	*a*—es^1	. . .	a^1—gis^2 (a^2)
9.	(*g*) *as*—d^1	. . . . . .	c^2—ais^2 (c^3)
10.	(*g*) *a*—d^1	. . . . . .	c^2—h^2
11.	(*f*) *g*—d^1	. . . . . .	c^2—d^3
12.	*g*—d^1	. . . . . .	c^2—c^3 (d^3)
13.	(*e*) *ges*—d^1	. . . .	d^2—c^3
14.	(*f*) *ges*—d^1	. . . .	d^2—c^3 (d^3)

Da der Stimmumfang der Einzelindividuen jeder Altersklasse ein ganz ausserordentlich verschiedener ist, habe ich mil Hülfe der Stimmen, welche sich in den am häufigsten vorkommenden Grenzen bewegen und welche 80—90 Procent der Gesammtheit repräsentiren, eine Uebersicht über den Umfang der Stimmen eines Jahrganges zu gewinnen gesucht. Der Umfang einer Stimme ist aus Gründen der Zweckmässigkeit und zur Vermeidung von Irrthümern und Missverständnissen, die mit dem Ausdrücken ganzer

und halber Töne verbunden werden könnten, nicht nach solchen, sondern nach chromatischen Stufen berechnet.

Umfang der Kinderstimme.

	Mädchen			Knaben		
6 Jahre	8—13	chromatische	Stufen	8—13	chromatische	Stufen
7 „	10—20	„	„	8—13	„	„
8 „	13—21	„	„	8—17	„	„
9 „	13—22	„	„	10—21	„	„
10 „	16—25	„	„	13—22	„	„
11 „	16—25	„	„	16—25	„	„
12 „	18—25	„	„	16—25	„	„
13 „	18—27	„	„	16—25	„	„
14 „	18—25	„	„	18—25	„	„
15 „	—	„	„	16—25	„	„

Nach der Tabelle sind im Anfang dieser Kindheitsperiode, um die Mitte und beim Abschluss des Kindesalters für die Knaben- und Mädchenstimme die Zahlen die gleichen: im 6. Jahre 8—13 chromatische Stufen (bis zu einer Octave), im 11. Jahre die doppelte Anzahl: 16—25 (bis zu zwei Octaven) und im 14. Jahre nur wenig mehr: 18—25 chromatische Stufen. Nur sehr langsam entwickelt sich in den ersten Jahren die Knabenstimme. Ihren grössten Umfang erreicht die Mädchenstimme im 13., die Knabenstimme im 14. Jahre.

Nicht ohne Interesse ist die Gruppirung der Einzelstimmen der Jahrgänge nach der Zahl der Oktaven. Die nachstehende Tabelle giebt für jede Altersklasse den Procentsatz der Stimmen,

	Mädchen.			Knaben.		
	Bis zu 1 Octave incl.	1 bis 2 Octaven excl.	2 Octaven und mehr	Bis zu 1 Octave incl.	1 bis 2 Octaven excl.	2 Octaven und mehr
6 Jahre	89,6	10,4	—	96,2	3,8	—
7 „	46,0	53,6	0.4	91,0	9,0	—
8 „	26,8	73,2	—	68,0	31,2	0,8
9 „	8,0	88,0	4,0	20,2	79,4	0,4
10 „	5,6	85,6	8,8	12,5	83,7	3,9
11 „	1,6	82,1	16,4	6,8	80,9	12,4
12 „	1,2	71,8	26,9	1,2	78,8	19,9
13 „	0,4	64,4	35,2	0,4	76,4	23,2
14 „	—	73,3	26,7	0,5	71,9	27,5
15 „	—	—	—	—	68,5	31,5

welche bis zu einer Octave incl., ein bis zwei Octaven excl. und zwei Octaven und mehr umfassen. Während im 6. Jahre die Unterschiede nur gering sind, tritt im 7. Jahre die Ueberlegenheit der Mädchen stark hervor, im vierzehnten Jahre dagegen ist die Gleichheit wieder eine fast vollständige.

Die Lage der Kinderstimme lässt sich in ähnlicher Weise wie bei der Bestimmung ihres Umfanges geschehen, für 70—90 Procent der Angehörigen eines Jahrganges etwa folgendermaassen bestimmen:

Die Lage der Kinderstimme.

Jahr:	Mädchen: Untere — Obere Stimmgrenze	Knaben: Untere — Obere Stimmgrenze
6.	c^1 . d^1—a^1 . d^2	c^1 . d^1 — g^1 . . . . d^2
7.	b . d^1—a^1 . . . g^2	c^1 . d^1——a^1 . . . d^2
8.	a . . d^1——d^2 . g^2	h . d^1——a^1 . . . . f^2
9.	a . . d^1——d^2 . g^2	a . . d^1——h^1 . . . . g^2
10.	a . . d^1——d^2 . . a^2	a . c^1——c^2 . . . . a^2
11.	a . c^1——d^2 . . a^2	as . . c^1——d^2 . . a^2
12.	a . . c^1——e^2 . . . . h^2	as . h——d^2 . . a^2
13.	g . . . c^1——e^2 . . . . h^2	g . . h——d^2 . . a^2
14.	g . . . c^1——e^2 . . ais^2	ges . . . h——d^2 . . a^2
15.		ges . . . h——d^2 . . a^2

Darnach ist im 6. Lebensjahre die Stimmlage bei Knaben und Mädchen fast die gleiche. In der Folge geht dann bei den ersteren die Entwicklung mehr an der unteren, bei den letzteren mehr an der oberen Stimmgrenze vor sich.

Eine Uebersicht über den einem ganzen Jahrgange gemeinsamen, mithin für einen Chorgesang desselben in Betracht kommenden Tonumfang geben die Tabellen 3 und 4, in denen für eine Anzahl von Tonstufen die dieselben beherrschenden Procentsätze der Angehörigen der einzelnen Altersklassen zusammengestellt sind. Zur besseren Veranschaulichung der hieraus hervorgehenden Ueberlegenheit der Mädchen stelle ich diejenigen Stufen einander gegenüber, über welche rund 80 Procent verfügen:

	Knaben:	Mädchen:
6. Jahr:	d^1–g^1	d^1–a^1
7. „	d^1–a^1	d^1–h^1 (c^2)
8. „	d^1–b^1	d^1–d^2
9. „	d^1–c^2	d^1–e^2 c^1–c^2
10. „	d^1–d^2	d^1–e^2 c^1–d^2
11. „	h(c^1)–d^2	d^1–f^2 c^1–e^2
12. „	h–dis^2	c^1–f^2 h–dis^2
13. „	h–dis^2	c^1–f^2 h–e^2
14. „	h–dis^2	h–f^2
15. „	h–dis^2	

Ein Vergleich der Stimmen unserer sechsjährigen Kinder mit denen der Karlsruher, wie sie von Engel[1]) bestimmt worden sind, zeigt, dass letztere sowohl eine grössere Höhe als eine grössere Tiefe erreichen. Denn die Knaben bewegen sich zwischen *fis* und g^2, die Mädchen zwischen g und g^2. Ein Mädchen beherrschte diese beiden Octaven. Auffallend ist die grosse Tiefe dieser süddeutschen Kinderstimmen. Denn g und a wurden von ungefähr dem vierten Theile der Knaben und dem dritten Theile der Mädchen erreicht, während bei uns überhaupt nur drei sechsjährige Mädchen, aber kein gleichalteriger Knabe das a zu singen vermochte. Dagegen ist die Höhe im Allgemeinen nicht so entwickelt, so dass die Stimmlage überhaupt eine tiefere ist als bei uns. Sie schwankt bei reichlich 80 Procent der Knaben unten zwischen a und c^1, oben zwischen e^1 und h^1, bei demselben Procentsatz der Mädchen unten zwischen a und c^1, oben zwischen e^1 und d^2. Da auch mehr kleine Stimmen darunter sind als bei uns, so beträgt der Umfang bei reichlich 80 Procent der Knaben nur 6—13, der Mädchen nur 5—13 chromatische Stufen. Der gemeinsame Tonumfang ungefähr desselben Procentsatzes ist derselbe geringfügige, wie bei uns, nämlich eine Quarte resp. Quinte, liegt jedoch einen ganzen Ton

1) Engel, Ueber den Stimmumfang sechsjähriger Kinder und den Schulgesang. Hamburg, Verlagsanstalt und Druckerei-Actien-Gesellsch. 1889.

Tabelle 3.

Verzeichniss von Tonstufen, welche den einzelnen Altersklassen der Mädchen gemeinsam sind.

Die Zahlen bezeichnen die Procentsätze der Angehörigen der Jahrgänge, welche die angegebenen Tonstufen beherrschen.

	6. Jahr	7. Jahr	8. Jahr	9. Jahr	10. Jahr	11. Jahr	12. Jahr	13. Jahr	14. Jahr
d^1—a^2	—	—	—	—	16,8	20,3	32,5	34,0	25,1
d^1—g^2	—	—	—	—	39,2	49,2	53,2	58,4	54,9
d^1—f^2	—	25,6	48,0	63,6	72,4	80,5	86,5	86,8	88,6
d^1—e^2	—	36,8	61,6	80,4	86,4	—	—	—	—
d^1—d^2	15,1	59,6	81,6	94,4	—	—	—	—	—
d^1—c^2	31,5	74,0	90,0	—	—	—	—	—	—
d^1—h^1	58,2	85,2	—	—	—	—	—	—	—
d^1—a^1	88,4	—	—	—	—	—	—	—	—
c^1—a^2	—	—	—	—	—	19,1	31,7	34,0	25,1
c^1—g^2	—	—	—	—	36,8	47,4	51,6	58,0	54,5
c^1—f^2	—	19,6	39,2	52,8	66,8	75,7	84,1	85,2	87,1
c^1—e^2	—	30,4	51,6	66,0	78,8	84,9	—	—	—
c^1—d^2	—	43,6	59,6	75,6	84,0	—	—	—	—
c^1—c^2	12,0	51,6	63,6	78,4	—	—	—	—	—
c^1—h^1	21,5	54,8	—	—	—	—	—	—	—
c^1—a^1	40,6	60,8	—	—	—	—	—	—	—
c^1—g^1	45,4	—	—	—	—	—	—	—	—
h—a^2	—	—	—	—	—	17,1	29,4	33,6	24,3
h—g^2	—	—	—	—	28,4	37,8	44,8	54,0	49,0
h—f^2	—	—	31,2	42,4	49,6	59,8	73,0	77,6	79,2
h—e^2	—	—	38,0	52,0	57,6	66,9	77,8	85,6	84,3
h—d^2	—	—	43,2	59,2	61,6	72,1	—	—	—
b—a^2	—	—	—	—	—	11,6	21,0	29,2	21,2
b—g^2	—	—	—	—	—	23,1	29,4	42,8	36,9
b—f^2	—	—	—	—	—	31,5	43,7	58,4	58,4
b—e^2	—	—	—	—	—	35,1	46,0	62,4	62,4
a—a^2	—	—	—	—	—	—	17,1	23,2	14,1
a—g^2	—	—	—	—	—	—	23,4	33,6	23,1
a—f^2	—	—	—	—	—	—	32,5	46,4	39,2
a—e_2	—	—	—	—	—	24,7	34,9	50,4	43,1

tiefer ($c^1 f^1$ resp. $c^1 g^1$). Mit den Tübinger Kindern lässt sich ein solcher Vergleich nicht anstellen, da bei den Knaben überhaupt nur die Brusttöne berücksichtigt worden sind und von den Mädchen der Stimmumfang des einzelnen Kindes nicht mitgetheilt ist. Die vollentwickelte Mädchenstimme zeigt nach der Vierordt'schen Tabelle denselben Umfang (e—d^3) wie bei uns. Ihre grösste Höhe hat sie schon im 10. Jahre, ein Jahr früher als bei uns erreicht und sinkt dann im 12. und 13. Jahre bis zum h^2. Aber auch

Tabelle 4.

Verzeichniss von Tonstufen, welche den einzelnen Altersklassen der Knaben gemeinsam sind.

Die Zahlen bezeichnen die Procentsätze der Angehörigen der Jahrgänge, welche die angegebenen Tonstufen beherrschen.

	6. Jahr	7. Jahr	8. Jahr	9. Jahr	10. Jahr	11. Jahr	12. Jahr	13. Jahr	14. Jahr	15. Jahr
d^1—f^2	—	—	—	38,1	49,0	57,0	—	—	—	—
d^1—e^2	—	—	—	51,0	63,0	72,1	—	—	—	—
d^1—d^2	9,8	19,7	37,5	75,0	81,7	89,2	—	—	—	—
d^1—c^2	29,8	47,1	57,7	83,3	—	—	—	—	—	—
d^1—h^1	48,7	67,9	75,5	—	—	—	—	—	—	—
d^1—b^1	51,7	70,8	79,1	—	—	—	—	—	—	—
d^1—a^1	70,6	84,4	90,1	—	—	—	—	—	—	—
d^1—g^1	81,5	90,2	—	—	—	—	—	—	—	—
c^1—g^2	—	—	—	—	—	27,5	30,7	32,3	33,7	30,6
c^1—f^2	—	—	—	35,3	47,1	54,6	66,1	66,4	65,8	58,9
c^1—e^2	—	—	—	45,6	60,7	69,3	—	—	—	—
c^1—d^2	—	—	—	64,3	77,4	86,0	—	—	—	—
c^1—c^2	—	10,7	30,8	68,3	86,0	—	—	—	—	—
c^1—h^1	8,3	17,6	41,5	73,4	—	—	—	—	—	—
c^1—a^1	18,9	23,4	50,2	—	—	—	—	—	—	—
h—a^2	—	—	—	—	—	11,6	15,1	13,5	14,8	12,1
h—g^2	—	—	—	—	—	25,1	29,1	32,3	31,6	29,8
h—f^2	—	—	—	—	—	49,4	63,7	65,9	63,3	58,1
h—e^2	—	—	—	—	—	61,0	75,3	75,1	73,0	70,2
h—dis^2	—	—	—	—	54,9	68,9	80,9	83,4	81,6	82,3
h—d^2	—	—	—	—	61,5	76,1	91,6	—	—	—
b—g^2	—	—	—	—	7,8	18,7	23,1	28,4	30,6	28,2
b—f^2	—	—	—	—	23,3	34,7	50,2	57,6	61,2	55,6
b—e^2	—	—	—	—	27,6	42,2	58,6	65,5	69,9	66,9
b—es^2	—	—	—	—	33,1	48,2	62,9	71,6	78,1	77,4
a—a^2	—	—	—	—	—	6,8	11,2	9,2	11,7	9,7
a—g^2	—	—	—	—	—	11,2	17,1	22,3	24,5	26,6
a—f^2	—	—	—	—	—	21,1	39,0	45,0	51,5	50,0
a—e^2	—	—	—	—	—	28,3	47,0	52,8	60,2	61,3
a—dis^2	—	—	—	—	20,2	32,7	50,2	58,5	66,8	68,5

dieses sowie die übrigen höheren Töne bis zum e^2 abwärts werden in diesen beiden Jahrgängen nur von einem geringeren Procentsatz als in früheren Altersklassen ereicht. Eine Abnahme der Höhe gegen Ende der Kindheitsperiode lässt sich auch bei uns nachweisen. So ist bei den Mädchen das d^3 im elften Jahre und sind die übrigen hohen Töne bis zum fis^2 hin im dreizehnten Jahre procentisch am häufigsten und bei den Knaben ist im fünfzehnten Jahre die obere Stimmgrenze von dem cis^3 des dreizehnten Jahres

bis zum h^3 herabgesunken, während die Töne der tieferen Octave bis zum cis^2 mit wenigen Ausnahmen im zwölften Jahre procentisch am häufigsten vorkommen.

Eine besondere Berücksichtigung beansprucht die in der Zeit der beginnenden Geschlechtsreife stattfindende Aenderung des Klanges und der Lage des Stimmtones der Knaben, die Mutation. Die Erscheinungen desselben haben sich im Allgemeinen durch Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Verhältnisse ohne besondere Schwierigkeit von ähnlichen durch krankhafte Processe der oberen Luftwege bedingten unterscheiden lassen. Die oft rauhe, heisere, in ihrer Lage wechselnde und unsichere Sprechstimme, die Erschwerung des Falsetts, welche bis zum gänzlichen Versagen desselben sich steigert und häufig mit der Unfähigheit überhaupt einen bestimmten musikalischen Ton zu erzeugen und festzuhalten abschliesst; die durch Singversuche hervorgerufene, in Mienenspiel und Bewegung sich ausprägende und erkennbare Anstrengung in Verbindung mit den bei älteren, in der Entwicklungsperiode stehenden Knaben eintretenden Veränderungen des Körperbaus, des Gesichtsausdrucks und der ganzen Haltung boten gewöhnlich hinreichende Hülfsmittel für die Erkennung der eingetretenen Mutation. Doch war es in einzelnen, aus diesem Grunde nicht verwendbaren Fällen nicht möglich andere Ursachen der vorhandenen Stimmstörungen oder Complicationen mit Sicherheit auszuschliessen. Von vornherein wurden immer nur solche Knaben berücksichtigt, welche bis zum Beginn der als Mutation gedeuteten Veränderungen ihrer Stimme an dem Gesangunterricht Theil genommen hatten bezw. noch Theil nahmen. Nur bei Knaben kamen die gekennzeichneten Störungen der Stimme zur Beobachtung, bei Mädchen waren analoge Erscheinungen niemals bemerkbar. Vereinzelt, bei ein Procent, trat die Mutation schon im zwölften Jahre ein. In den folgenden drei Jahren stieg die Zahl der Mutirenden auf reichlich 10, 30 und 50 Procent. Bei einem fünfzehnjährigen Knaben war die Mutation schon vollendet. Da ich mich auf die Ermittlung und Feststellung der zur Zeit vorhandenen Zustände beschränken musste, konnten Beobachtungen über den Eintritt und die Dauer der Mutation beim Einzelindividuum nicht angestellt werden. Vollzieht sich der Stimmwechsel zuweilen ohne Zweifel verhältnissmässig rasch und ohne die Herrschaft über die Stimme auffallend zu beeinträchtigen, so stellt derselbe doch gewiss gewöhnlich einen all-

mählich und nicht gleichmässig schnell fortschreitenden Process dar. Es mag richtig sein, dass die Häufigkeit der dabei auftretenden schweren Störungen der Stimme überschätzt wird. Mackenzie[1]), der 300 Chorknaben mit specieller Rücksicht auf diesen Punkt untersuchte, konnte nur in 17 Procent ein wirkliches „Umkippen“ der Stimme feststellen. Nach seiner Ansicht beruht eine hochgradige, in dieser Periode vorkommende Heiserkeit weniger auf dem physiologischen Processe als solchem, als vielmehr auf dem Schreien und Kreischen, das den Knaben soviel Vergnügen bereite oder auf einer Ueberanstrengung des Stimmorgans durch zu vieles Singen oder endlich auf Zufälligkeiten wie Erkältung u. dgl. Bei der Unbestimmtheit solcher Erscheinungen und ihrer Abhängigkeit von den an die Stimmen gestellten Anforderungen schien es mir richtiger bei den Mutirenden nur festzustellen, ob überhaupt die Fähigheit musikalisch brauchbare Töne zu produciren noch vorhanden oder die Herrschaft über die Singstimme völlig verloren sei. Das erstere war nur bei 25 Procent der Fall, während bei 75 Procent die angestellten Singversuche ein Schwanken aller Töne ergaben. In der letzteren Gruppe sind die in Betracht kommenden drei Altersklassen, das 13. bis 15. Lebensjahr, mit reichlich 50, 70 und 80 Procent vertreten, während in der ersteren Gruppe das umgekehrte Zahlenverhältniss besteht und der Procentsatz von 48 auf 30 und 17 herabsinkt. Bei fast 60 Procent der Mutirenden, von denen zwei Drittel der zweiten Gruppe angehörten, habe ich eine Untersuchung der oberen Luftwege mittelst des Spiegels vornehmen können. Das Bild, welches die innere Auskleidung des Kehlkopfes darbot, war ein sehr verschiedenartiges. Als vollständig normal liess sich dieselbe in keinem Falle bezeichnen, doch waren die Veränderungen bei 10 Procent durchaus geringfügiger Natur und bestanden aus einer unbedeutenden Röthung einzelner Theile, des Kehldeckels, der hinteren Parthien des Kehlkopfeingangs oder selten einmal der Stimmbänder, während gewöhnlich gerade diese sich durch vollständiges Intactsein, durch eine blendend weisse Farbe auszeichneten. Diesen 10 Procent stehen andere $15^1/_2$ Procent gegenüber, bei denen die Kehlkopfschleimhaut in ihrer ganzen Ausdehnung stark geröthet und geschwollen, zuweilen auch von reichlichem, flüssigen Secrete bedeckt

1) M. Mackenzie, Singen und Sprechen. Deutsche Ausgabe von J. Michael. Hamburg und Leipzig, L. Voss. 1887.

war. Gelegentlich waren auch in diesen Fällen die Stimmbänder vollständig unbetheiligt und hoben sich durch ihren sehnigen Glanz und ihre scharfen Umrisse lebhaft von ihrer intensiv gerötheten und geschwellten Umgebung ab. Bei einer dritten Gruppe, der weitaus grössten Anzahl, bei fast 75 Procent aller, bestand nur eine mässige, mehr oder minder hervortretende allgemeine Röthung und leichte Schwellung des Kehlkopfinnern bei auffallend verschiedenem Verhalten der Stimmbänder, welche alle Abstufungen von einer durchaus normalen Beschaffenheit bis zu hochgradiger Schwellung oder Durchfeuchtung erkennen liessen. Einige Male war es auch an der gewöhnlichen Stelle, dem vorderen Drittel ihrer freien Ränder, zu einer geringen Knötchenbildung gekommen. Von diesen wenigen Fällen abgesehen liess der Schluss der Stimmritze keinerlei Abweichungen von der Norm erkennen. Pathologische Glottisformen, wie sie Fournié[1]) nicht selten bei Mutiren sah, waren nie vorhanden. Es ist von Mackenzie (l. c.) behauptet worden, dass bei starker Alteration der Stimme, wie er sagt, dort wo die Stimme sich bricht, stets eine starke Röthung der Stimmbänder mittelst des Kehlkopfspiegels wahrgenommen werde. Bei den von mir untersuchten Mutirenden war jedoch keineswegs, mochten sie der einen oder der anderen von mir unterschiedenen Gruppe angehören, ein auch nur einigermaassen gleichmässiges Verhalten der Stimmbänder vorhanden. Es kamen im Gegentheil bei den Knaben der ersten Gruppe stark geröthete, geschwollene und durchfeuchtete Stimmbänder nicht viel seltener vor (über 21 Procent) als bei denen der zweiten Gruppe (über 27 Procent). Auch die verschiedensten Abstufungen dieser Erscheinungen sowie völlig intacte Stimmbänder waren in beiden Gruppen vertreten. Ein den tiefer gelegenen Theilen entsprechendes Bild boten die Rachengebilde. Die gewöhnlich ausserordentlich grosse Reizbarkeit derselben liess es nicht immer zu, über das Verhalten der Rachenmandel Aufschluss zu erhalten. Jedoch konnte eine hochgradige Wucherung dieses Lagers lymphatischen Gewebes mit den gewöhnlichen Folgen der erschwerten Nasenathmung nur einmal, dagegen eine mässige Vergrösserung der Rachenmandel hinreichend, um höchstens die obere Begrenzung der Choanen zu verdecken, wiederholt wahrgenommen werden; häufiger fehlte überhaupt ein deutlich erkennbares derartiges Gebilde am Rachendach.

1) Fournié, Physiologie de la voix et de la parole.

Umfang der Singstimme von Mädchen Kieler städtischer Schulen.

251 sechsjährige Mädchen.

$a - g^1 = 1$
$a^1 = 1$
$fis^2 = 1$
$b - f^1 = 1$
$b^1 = 1$
$c^2 = 1$
$h - e^1 = 1$
$f^1 = 1$
$g^1 = 2$
$a^1 = 7$
$h^1 = 1$
$dis^2 = 1$
$f^2 = 4$
$fis^2 = 1$
$c^1 - g^1 = 9$
$a^1 = 39$
$h^1 = 23$
$c^2 = 10$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 5$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 3$
$f^2 = 2$
$cis^1 - a^1 = 1$
$ais^1 = 3$
$h^1 = 3$
$cis^1 = 7$
$eis^2 = 1$
$d^1 - a^1 = 22$
$b^1 = 2$
$h^1 = 40$
$c^2 = 21$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 14$
$e^2 = 3$
$f^2 = 1$
$fis^2 = 1$
$dis^1 - ais^1 = 1$
$h^1 = 1$
$c^2 = 3$
$dis^2 = 1$
$e - c^2 = 2$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 2$
$e^2 = 3$

250 siebenjährige Mädchen.

$a - c^2 = 1$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 3$
$e^2 = 4$
$f^2 = 1$
$g^2 = 1$
$gis^2 = 1$
$a^2 = 1$
$b - b^1 = 1$
$c^2 = 2$
$d^2 = 1$
$es^2 = 2$
$e^2 = 2$
$f^2 = 7$
$g^2 = 2$
$a^2 = 1$
$h - a^1 = 2$
$h^1 = 1$
$c^2 = 2$
$d^2 = 12$
$e^2 = 11$
$f^2 = 10$
$fis^2 = 5$
$g^2 = 7$
$a^2 = 1$
$c^1 - g^1 = 2$
$a^1 = 11$
$b^1 = 1$
$h^1 = 7$
$c^2 = 12$
$cis^2 = 2$
$d^2 = 15$
$e^2 = 10$
$f^2 = 16$
$g^2 = 5$
$a^2 = 1$
$cis^1 - a^1 = 2$
$ais^1 = 2$
$h^1 = 6$
$his^2 = 2$
$cis^2 = 2$
$d^2 = 1$
$eis^2 = 4$
$gis^2 = 3$
$d^1 - a^1 = 4$
$b^1 = 1$
$h^1 = 14$
$c^2 = 10$
$cis^2 = 2$
$d^2 = 23$
$e^2 = 1$
$f^2 = 6$
$fis^2 = 2$
$dis^1 - c^2 = 4$
$dis^2 = 1$
$e^1 - c^2 = 1$
$cis^2 = 2$
$d^2 = 2$
$f^1 - d^2 = 1$

250 achtjährige Mädchen.

$a - a^1 = 1$
$c^2 = 2$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 3$
$e^2 = 3$
$f^2 = 5$
$fis^2 = 2$
$g^2 = 3$
$b - c^2 = 1$
$d^2 = 2$
$f^2 = 11$
$g^2 = 3$
$as^2 = 1$
$h - g^1 = 2$
$a^1 = 2$
$h^1 = 5$
$c^2 = 3$
$d^2 = 8$
$e^2 = 14$
$f^2 = 28$
$fis^2 = 3$
$g^2 = 20$
$gis^2 = 2$
$c^1 - h^1 = 2$
$c^2 = 3$
$d^2 = 6$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 14$
$f^2 = 9$
$fis^2 = 5$
$g^2 = 6$
$cis^1 - ais^1 = 1$
$cis^2 = 8$
$d^2 = 1$
$dis^2 = 1$
$eis^2 = 5$
$fis^2 = 2$
$g^2 = 1$
$a^2 = 1$
$d^1 - a^1 = 1$
$b^1 = 1$
$h^1 = 4$
$c^2 = 2$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 28$
$e^2 = 3$
$f^2 = 2$
$fis^2 = 9$
$g^2 = 2$
$dis^1 - c^2 = 1$
$cis^2 = 1$
$dis^2 = 2$
$e^1 - d^2 = 1$
$e^2 = 1$

250 neunjährige Mädchen.

$g - g^2 = 1$
$gis - gis^2 = 2$
$f^2 = 1$
$a - c^2 = 1$
$d^2 = 4$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 3$
$f^2 = 7$
$fis^2 = 6$
$g^2 = 2$
$gis^2 = 1$
$a^2 = 2$
$ais^2 = 1$
$b - d^2 = 1$
$es^2 = 1$
$f^2 = 16$
$ges^2 = 2$
$g^2 = 6$
$as^2 = 3$
$a^2 = 1$
$b^2 = 3$
$h - h^1 = 1$
$c^2 = 2$
$d^2 = 8$
$dis^2 = 3$
$e^2 = 21$
$f^2 = 18$
$fis^2 = 14$
$g^2 = 15$
$gis^2 = 3$
$a^2 = 1$
$c^3 = 1$
$c^1 - c^2 = 4$
$d^2 = 5$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 9$
$f^2 = 16$
$fis^2 = 3$
$g^2 = 5$
$a^2 = 1$
$h^2 = 1$
$cis^1 - cis^2 = 2$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 4$
$eis^2 = 3$
$fis^2 = 4$
$gis^2 = 1$
$a^2 = 1$
$d^1 - a^1 = 1$
$h^1 = 1$
$cis^2 = 2$
$d^2 = 9$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 5$
$f^2 = 8$
$fis^2 = 3$
$g^2 = 3$
$a^2 = 4$

250 zehnjährige Mädchen.

$g - fis^2 = 1$
$gis - fis^2 = 1$
$a - g^1 = 1$
$c^2 = 1$
$d^2 = 3$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 8$
$f^2 = 6$
$fis^2 = 4$
$g^2 = 11$
$gis^2 = 8$
$a^2 = 9$
$ais^2 = 3$
$h^2 = 3$
$b - d^2 = 1$
$e^2 = 1$
$f^2 = 10$
$ges^2 = 1$
$g^2 = 6$
$as^2 = 1$
$a^2 = 1$
$b^2 = 4$
$h - c^2 = 2$
$d^2 = 4$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 11$
$f^2 = 21$
$fis^2 = 9$
$g^2 = 13$
$gis^2 = 4$
$a^2 = 9$
$ais^2 = 1$
$h^2 = 3$
$c^1 - c^2 = 1$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 2$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 10$
$f^2 = 16$
$fis^2 = 6$
$g^2 = 13$
$a^2 = 6$
$h^2 = 2$
$cis^1 - c^2 = 1$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 1$
$e^2 = 2$
$gis^2 = 1$
$d^1 - a^1 = 1$
$h^1 = 1$
$c^2 = 1$
$d^2 = 7$
$e^2 = 4$
$f^2 = 5$
$fis^2 = 3$
$g^2 = 4$
$a^2 = 1$
$e^1 - g^2 = 1$

251 elfjährige Mädchen.

$f - a^2 = 1$
$g - f^2 = 1$
$g^2 = 4$
$gis - dis^2 = 1$
$e^2 = 1$
$f^2 = 1$
$gis^2 = 3$
$ais^2 = 1$
$a - c^2 = 1$
$d^2 = 2$
$e^2 = 8$
$f^2 = 6$
$fis^2 = 4$
$g^2 = 9$
$gis^2 = 2$
$a^2 = 14$
$ais^2 = 2$
$h^2 = 2$
$c^3 = 2$
$d^3 = 1$
$b - d^2 = 1$
$es^2 = 2$
$f^2 = 5$
$ges^2 = 4$
$g^2 = 7$
$as^2 = 4$
$a^2 = 1$
$b^2 = 4$
$c^3 = 1$
$h - d^2 = 7$
$e^2 = 9$
$f^2 = 14$
$fis^2 = 20$
$g^2 = 18$
$gis^2 = 5$
$a^2 = 7$
$h^2 = 4$
$c^3 = 1$
$d^3 = 2$
$c^1 - h^1 = 1$
$c^2 = 2$
$d^2 = 3$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 5$
$f^2 = 13$
$fis^2 = 3$
$g^2 = 13$
$gis^2 = 6$
$a^2 = 3$
$b^2 = 2$
$cis^1 - e^2 = 1$
$eis^2 = 2$
$gis^2 = 1$
$a^2 = 1$
$d^1 - d^2 = 1$
$e^2 = 2$
$f^2 = 3$
$fis^2 = 1$

$g^2 = 2$
$a^2 = 1$
$b^2 = 1$
$es^1 - f^2 = 1$

252 zwölfjährige Mädchen.

$g - d^2 = 1$
$f^2 = 5$
$g^2 = 5$
$d^3 = 1$
$gis - e^2 = 1$
$f^2 = 3$
$gis^2 = 1$
$a^2 = 1$
$ais^2 = 1$
$h^2 = 2$
$a - c^2 = 1$
$d^2 = 2$
$dis^2 = 2$
$e^2 = 5$
$f^2 = 9$
$fis^2 = 6$
$g^2 = 9$
$gis^2 = 1$
$a^2 = 27$
$ais^2 = 3$
$h^2 = 5$
$c^3 = 2$
$d^3 = 1$
$b - es^2 = 2$
$f^2 = 10$
$ges^2 = 3$
$g^2 = 5$
$a^2 = 5$
$b^2 = 4$
$c^3 = 1$
$h - c^2 = 1$
$e^2 = 6$
$f^2 = 18$
$fis^2 = 17$
$g^2 = 13$
$gis^2 = 5$
$a^2 = 9$
$h^2 = 9$
$c^3 = 3$
$c^1 - c^2 = 2$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 8$
$f^2 = 8$
$fis^2 = 3$
$g^2 = 11$
$a^2 = 3$
$h^2 = 1$
$c^3 = 2$
$d^1 - d^2 = 1$
$e^2 = 1$
$f^2 = 2$
$g^2 = 2$
$a^2 = 2$

250 dreizehnjährige Mädchen.

$e - c^3 = 1$
$f - f^2 = 1$
$a^2 = 1$
$fis - fis^2 = 1$
$a^2 = 2$
$c^3 = 1$
$g - d^2 = 2$
$e^2 = 1$
$f^2 = 2$
$g^2 = 6$
$h^2 = 4$
$gis - e^2 = 1$
$f^2 = 4$
$fisis^2 = 1$
$gis^2 = 3$
$a^2 = 2$
$ais^2 = 1$
$a - c^2 = 1$
$d^2 = 1$
$e^2 = 8$
$f^2 = 13$
$fis^2 = 11$
$g^2 = 12$
$gis^2 = 4$
$a^2 = 28$
$ais^2 = 2$
$h^2 = 9$
$c^3 = 7$
$b - d^2 = 2$
$f^2 = 7$
$g^2 = 5$
$as^2 = 3$
$a^2 = 3$
$b^2 = 8$
$ces^2 = 2$
$c^3 = 2$
$h - dis^2 = 1$
$e^2 = 10$
$f^2 = 12$
$fis^2 = 8$
$g^2 = 13$
$gis^2 = 4$
$a^2 = 4$
$h^2 = 6$
$c^3 = 1$
$c^1 - g^1 = 1$
$d^2 = 1$
$e^2 = 2$
$f^2 = 8$
$fis^2 = 1$
$g^2 = 8$
$gis^2 = 1$
$a^2 = 1$
$d^1 - f^2 = 1$
$fis^2 = 2$
$g^2 = 1$
$dis^1 - gis^2 = 1$
$e^1 - fis^2 = 1$

255 vierzehnjährige Mädchen.

$f - cis^2 = 1$
$f^2 = 1$
$fis - g^2 = 1$
$h^2 = 1$
$c^3 = 1$
$g - cis^2 = 1$
$d^2 = 1$
$e^2 = 5$
$f^2 = 1$
$fis^2 = 1$
$g^2 = 8$
$a^2 = 1$
$c^3 = 1$
$gis - dis^2 = 2$
$e^2 = 2$
$f^2 = 6$
$gis^2 = 4$
$a^2 = 1$
$h^2 = 1$
$a - c^2 = 2$
$d^2 = 2$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 3$
$f^2 = 17$
$fis^2 = 15$
$g^2 = 10$
$a^2 = 24$
$ais^2 = 3$
$h^2 = 2$
$d^3 = 1$
$b - es^2 = 1$
$f^2 = 13$
$ges^2 = 1$
$g^2 = 12$
$as^2 = 5$
$a^2 = 3$
$b^2 = 14$
$c^3 = 1$
$h - e^2 = 3$
$f^2 = 12$
$fis^2 = 10$
$g^2 = 18$
$gis^2 = 5$
$a^2 = 5$
$h^2 = 3$
$c^1 - e^2 = 4$
$f^2 = 5$
$fis^2 = 1$
$g^2 = 7$
$gis^2 = 5$
$a^2 = 1$
$b^2 = 1$
$cis^1 - fis^2 = 2$
$d^1 - e^2 = 1$
$f^2 = 1$
$g^2 = 1$

Umfang der Singstimme von Knaben Kieler städtischer Schulen.

265 sechsjährige Knaben.

$h-f^1 = 2$
$g^1 = 1$
$a^1 = 3$
$h^1 = 1$
$c^2 = 1$
$e^2 = 3$
$c^1-f^1 = 2$
$g^1 = 10$
$gis^1 = 9$
$a^1 = 3$
$b^1 = 19$
$h^1 = 3$
$c^2 = 10$
$d^2 = 1$
$cis^1-fis^1 = 1$
$g^1 = 2$
$gis^1 = 8$
$a^1 = 9$
$ais^1 = 4$
$h^1 = 10$
$his^1 = 6$
$cis^2 = 2$
$eis^2 = 1$
$d^1-g^1 = 5$
$a^1 = 16$
$b^1 = 4$
$h^1 = 30$
$c^2 = 25$
$cis^2 = 9$
$d^2 = 18$
$e^2 = 2$
$f^2 = 1$
$dis^1-a^1 = 1$
$h^1 = 4$
$c^2 = 6$
$cis^2 = 4$
$d^2 = 3$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 1$
$e^1-a^1 = 2$
$h^1 = 8$
$c^2 = 1$
$cis^2 = 3$
$d^2 = 6$
$e^2 = 4$

346 siebenjährige Knaben.

$f-es^2 = 1$
$g-e^1 = 1$
$b-as^1 = 1$
$a^1 = 1$
$ces^1 = 1$
$h-f^1 = 3$
$g^1 = 1$
$gis^1 = 1$
$a^1 = 4$
$h^1 = 2$
$c^2 = 2$
$d^2 = 2$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 1$
$c^1-f^1 = 3$
$g^1 = 8$
$gis^1 = 2$
$a^1 = 13$
$b^1 = 3$
$h^1 = 20$
$c^2 = 22$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 1$
$dis^2 = 2$
$e^2 = 3$
$f^2 = 1$
$cis^1-gis^1 = 5$
$a^1 = 8$
$ais^1 = 3$
$h^1 = 9$
$his^2 = 6$
$cis^2 = 10$
$d^2 = 3$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 3$
$d^1-g^1 = 2$
$a^1 = 21$
$b^1 = 4$
$h^1 = 40$
$c^2 = 43$
$cis^2 = 12$
$d^2 = 39$
$e^2 = 5$
$f^2 = 2$
$fis^2 = 2$
$dis^1-h^1 = 1$
$c^2 = 6$
$cis^2 = 3$
$d^2 = 1$
$dis^2 = 3$
$e^1-a^1 = 2$
$h^1 = 1$
$c^2 = 2$
$cis^2 = 3$
$d^2 = 4$
$dis^2 = 1$

258 achtjährige Knaben.

$f-e^2 = 1$
$a-h^1 = 1$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 1$
$e^2 = 1$
$f^2 = 4$
$fis^2 = 1$
$a^2 = 1$
$b-g^1 = 2$
$b^1 = 1$
$c^2 = 2$
$d^2 = 1$
$f^2 = 3$
$g^2 = 1$
$h-g^1 = 1$
$gis^1 = 1$
$a^1 = 3$
$h^1 = 4$
$c^2 = 1$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 4$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 2$
$f^2 = 3$
$fis^2 = 2$
$h^2 = 1$
$c^1-g^1 = 2$
$a^1 = 14$
$b^1 = 4$
$h^1 = 22$
$c^2 = 21$
$cis^2 = 2$
$d^2 = 4$
$dis^2 = 5$
$e^2 = 7$
$f^2 = 4$
$g^2 = 2$
$a^2 = 1$
$cis^1-a^1 = 3$
$ais^1 = 3$
$h^1 = 9$
$cis^2 = 10$
$d^2 = 2$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 1$
$d^1-g^1 = 1$
$a^1 = 8$
$b^1 = 1$
$h^1 = 9$
$c^2 = 12$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 25$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 6$
$f^2 = 7$
$fis^2 = 2$
$dis^1-c^2 = 4$

$cis^2 = 1$
$d^2 = 3$
$dis^2 = 2$
$e^2 = 2$
$eis^2 = 1$
$e^1 - cis^2 = 1$
$d^2 = 2$
$e^2 = 2$

252 neunjährige Knaben.

$gis - gis^1 = 1$
$f^2 = 2$
$gis^2 = 1$
$a - d^2 = 6$
$e^2 = 10$
$f^2 = 5$
$fis^2 = 1$
$g^2 = 3$
$gis^2 = 1$
$b - b^1 = 2$
$d^2 = 4$
$es^2 = 6$
$f^2 = 8$
$ges^2 = 3$
$g^2 = 4$
$h - gis^1 = 1$
$a^1 = 1$
$h^1 = 5$
$c^2 = 1$
$d^2 = 9$
$dis^2 = 5$
$e^2 = 8$
$f^2 = 12$
$fis^2 = 11$
$g^2 = 10$
$gis^2 = 2$
$a^2 = 2$
$c^1 - g^1 = 1$
$gis^1 = 1$
$a^1 = 6$
$h^1 = 8$
$c^2 = 9$
$d^2 = 13$
$dis^2 = 4$
$e^2 = 8$
$f^2 = 12$
$fis^2 = 1$
$g^2 = 10$
$a^2 = 1$
$cis^1 - ais^1 = 1$
$h^1 = 2$
$cis^2 = 1$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 3$
$eis^2 = 1$
$d^1 - g^1 = 1$
$a^1 = 3$
$h^1 = 5$
$c^2 = 7$
$cis^2 = 3$
$d^2 = 8$
$dis^2 = 2$
$e^2 = 6$
$f^2 = 2$
$fis^2 = 1$
$g^2 = 1$
$a^2 = 2$
$dis^1 - c^2 = 1$
$cis^2 = 1$
$e^1 - h^1 = 1$
$d^2 = 1$

257 zehnjährige Knaben.

$fis - fis^2 = 2$
$g - es^2 = 2$
$e^2 = 2$
$gis - dis^2 = 3$
$f^2 = 2$
$gis^2 = 2$
$his^3 = 1$
$a - a^1 = 2$
$h^1 = 2$
$c^2 = 3$
$cis^2 = 2$
$d^2 = 4$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 9$
$f^2 = 12$
$fis^2 = 4$
$g^2 = 7$
$gis^2 = 2$
$a^2 = 3$
$b - a^1 = 1$
$b^1 = 3$
$des^2 = 2$
$d^2 = 3$
$es^2 = 8$
$f^2 = 16$
$ges^2 = 4$
$g^2 = 4$
$b^2 = 1$
$h - h^1 = 3$
$c^2 = 5$
$cis^2 = 3$
$d^2 = 10$
$dis^2 = 6$
$e^2 = 14$
$f^2 = 14$
$fis^2 = 8$
$g^2 = 7$
$gis^2 = 4$
$a^2 = 2$
$h^2 = 1$
$c^1 - a^1 = 1$
$h^1 = 1$
$b^1 = 1$
$c^2 = 6$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 3$
$dis^2 = 3$
$e^2 = 10$
$f^2 = 9$
$fis^2 = 1$
$g^2 = 6$
$gis^2 = 3$
$a^2 = 2$
$b^2 = 3$
$h^2 = 1$
$cis^1 - cis^2 = 4$
$d^2 = 1$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 1$
$d^1 - c^2 = 3$
$cis^2 = 2$
$d^2 = 3$
$f^2 = 4$
$fis^2 = 1$
$es^1 - c^2 = 1$
$e^1 - d^2 = 1$

251 elfjährige Knaben.

$f - f^2 = 1$
$b^2 = 1$
$fis - dis^2 = 1$
$g - e^2 = 4$
$f^2 = 1$
$g^2 = 3$
$as^2 = 1$
$h^2 = 1$
$as - des^2 = 1$
$d^2 = 1$
$es^2 = 9$
$fes^2 = 1$
$f^2 = 1$
$ges^2 = 1$
$as^2 = 1$
$b^2 = 1$
$ces^2 = 1$
$a - a^1 = 4$
$d^2 = 8$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 13$
$f^2 = 9$
$fis^2 = 12$
$g^2 = 5$
$gis^2 = 1$
$a^2 = 9$
$b^2 = 2$
$h^2 = 2$
$b - g^1 = 1$
$c^2 = 1$
$des^2 = 1$
$d^2 = 3$
$es^2 = 4$
$e^2 = 1$
$f^2 = 12$
$ges^2 = 3$
$g^2 = 7$

$as^2 = 3$
$a^2 = 2$
$b^2 = 7$
$h - g^1 = 2$
$h^1 = 1$
$c^2 = 5$
$cis^2 = 3$
$d^2 = 6$
$dis^2 = 5$
$e^2 = 10$
$f^2 = 10$
$fis^2 = 11$
$g^2 = 10$
$gis^2 = 3$
$a^2 = 2$
$h^2 = 1$
$c^1 - h^1 = 1$
$c^2 = 4$
$d^2 = 1$
$dis^2 = 3$
$e^2 = 8$
$f^2 = 7$
$g^2 = 4$
$a^2 = 2$
$cis^1 - cis^2 = 2$
$e^2 = 1$
$eis^2 = 2$
$fis^2 = 1$
$d^1 - c^2 = 1$
$d^2 = 1$
$f^2 = 1$
$fis^2 = 1$
$g^2 = 1$

254 zwölfjährige Knaben.

$e - f^2 = 1$
$f - f^2 = 1$
$b^2 = 1$
$fis - cis^2 = 1$
$fis^2 = 4$
$h^2 = 1$
$g - h^1 = 1$
$d^2 = 1$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 5$
$f^2 = 2$
$g^2 = 3$
$a^2 = 1$
$b^2 = 1$
$as - c^2 = 1$
$des^2 = 1$
$es^2 = 7$
$fes^2 = 1$
$f^2 = 17$
$g^2 = 2$
$as^2 = 4$
$b^2 = 3$
$ces^2 = 2$
$a - h^1 = 1$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 13$
$e^2 = 14$
$f^2 = 18$
$fis^2 = 12$
$g^2 = 4$
$gis^2 = 2$
$a^2 = 13$
$b^2 = 1$
$h^2 = 4$
$cis^3 = 1$
$b - b^2 = 2$
$d^2 = 9$
$es^2 = 3$
$e^2 = 1$
$f^2 = 11$
$ges^2 = 2$
$g^2 = 4$
$as^2 = 3$
$a^2 = 1$
$b^2 = 7$
$h - c^2 = 1$
$d^2 = 4$
$dis^2 = 3$
$e^2 = 8$
$f^2 = 12$
$fis^2 = 7$
$g^2 = 10$
$gis^2 = 3$
$a^2 = 1$
$c^3 = 1$
$c^1 - c^2 = 1$
$es^2 = 3$
$f^2 = 2$
$g^2 = 2$
$h^2 = 1$
$c^3 = 1$
$des^1 - f^2 = 1$
$d^1 - f^2 = 1$

Mutirende
mit der Fähigkeit eine Anzahl musikalischer Töne zu produciren u. zwar:

$a - a^1 = 1$
$d^1 - a^1 = 1$
$d^1 - c^2 = 1$
3

256 dreizehnjährige Knaben.

$es - b^2 = 1$
$e - e^2 = 1$
$f^2 = 2$
$f - d^2 = 1$
$f^2 = 3$
$g^2 = 1$
$fis - d^2 = 1$
$eis^2 = 1$
$fis^2 = 1$
$gis^2 = 1$
$g - a^1 = 1$
$d^2 = 3$
$dis^2 = 3$
$e^2 = 5$
$f^2 = 6$
$fis^2 = 4$
$g^2 = 9$
$b^2 = 2$
$c^3 = 1$
$as - c^2 = 2$
$des^2 = 3$
$es^2 = 8$
$fes^2 = 1$
$f^2 = 7$
$ges^2 = 4$
$g^2 = 1$
$as^2 = 7$
$b^2 = 4$
$c^3 = 1$
$a - c^2 = 3$
$d^2 = 6$
$dis^2 = 2$
$e^2 = 11$
$f^2 = 13$
$fis^2 = 11$
$g^2 = 9$
$gis^2 = 2$
$a^2 = 8$
$b^2 = 2$
$h^2 = 2$
$b - b^1 = 1$
$d^2 = 4$
$es^2 = 1$
$f^2 = 11$
$ges^2 = 4$
$g^2 = 6$
$as^2 = 1$
$a^2 = 1$
$b^2 = 4$
$c^3 = 1$
$des^3 = 1$
$h - cis^2 = 1$
$d^2 = 9$
$dis^2 = 5$
$e^2 = 3$
$f^2 = 7$
$fis^2 = 3$
$g^2 = 3$
$gis^2 = 3$
$a^2 = 1$
$h^2 = 2$
$c^1 - es^2 = 1$
$e^2 = 1$
$f^2 = 1$
229

Mutirende
mit der Fähigkeit einzelne musikalische Töne zu produciren u. zwar:

$g-d^2 = 1$
$gis-d^2 = 1$
$a-f^1 = 1$
$g^1 = 1$
$a^1 = 1$
$h^1 = 1$
$cis^2 = 2$
$fis^2 = 2$
$b-b^1 = 1$
$h-g^1 = 1$
$gis^1 = 1$
13

Mutirende
ohne die Fähigkeit einen musikalischen Ton zu produciren 14
27

291 vierzehnjährige Knaben.

$d-fis^2 = 1$
$e-cis^2 = 1$
$f-h^1 = 1$
$c^2 = 1$
$cis^2 = 1$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 1$
$f^2 = 5$
$gis^2 = 2$
$fis-d^2 = 1$
$dis^2 = 2$
$e^2 = 2$
$fis^2 = 2$
$gis^2 = 2$
$ais^2 = 2$
$g-h^1 = 1$
$c^2 = 3$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 2$
$dis^2 = 4$
$e^2 = 8$
$f^2 = 8$
$fis^2 = 2$
$g^2 = 7$
$gis^2 = 1$
$a^2 = 2$
$h^2 = 1$
$as-des^2 = 1$
$d^2 = 1$
$es^2 = 6$
$fes^2 = 2$
$f^2 = 11$
$ges^2 = 4$
$as^2 = 7$
$b^2 = 2$
$c^3 = 3$
$a-h^1 = 2$
$c^2 = 3$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 5$
$e^2 = 4$
$f^2 = 12$
$fis^2 = 8$
$g^2 = 5$
$gis^2 = 1$
$a^2 = 9$
$b^2 = 2$
$h^2 = 2$
$b-d^2 = 3$
$es^2 = 3$
$f^2 = 6$
$ges^2 = 1$
$g^2 = 7$
$a^2 = 1$
$b^2 = 4$
$h-h^1 = 1$
$c^2 = 1$
$cis^2 = 1$
$e^2 = 2$
$f^2 = 1$
$fis^2 = 1$
$g^2 = 1$
$a^2 = 1$
$c^1-e^2 = 1$
$f^2 = 1$
$g^2 = 3$
$b^2 = 1$
196

Mutirende
mit der Fähigkeit einige musikalische Töne zu produciren u. zwar:

$d-d^1 = 1$
$e-d^2 = 1$
$f-g^1 = 1$
$cis^2 = 1$
$fis-a^1 = 1$
$d^2 = 2$
$g-g^1 = 2$
$d^2 = 1$
$as-as^1 = 2$
$a-g^1 = 3$
$a^1 = 2$
$c^2 = 1$
$e^2 = 2$
$h-fis^1 = 1$
$as^1 = 1$
$h^1 = 2$
$b-g^1 = 2$
$a^1 = 1$
$b^1 = 1$
$c^2 = 1$
29

Mutirende
ohne die Fähigkeit einen musikalischen Ton zu produciren 66
95

260 fünfzehnjährige Knaben.

$e-d^2 = 1$
$e^2 = 1$
$fis^2 = 1$
$f-c^2 = 2$
$d^2 = 1$
$e^2 = 1$
$f^2 = 2$
$g^2 = 1$
$b^2 = 1$
$fis-a^1 = 1$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 1$
$eis^2 = 1$
$fis^2 = 4$
$g^2 = 1$
$g-d^2 = 1$
$dis^2 = 6$
$e^2 = 4$
$f^2 = 7$
$fis^2 = 3$
$g^2 = 12$
$gis^2 = 1$
$b^2 = 1$
$h^2 = 1$
$as-c^2 = 2$
$des^2 = 1$
$d^2 = 2$
$es^2 = 1$
$fes^2 = 2$
$f^2 = 3$
$ges^2 = 1$
$g^2 = 1$
$as^2 = 3$
$b^2 = 1$
$ces^2 = 2$
$a-c^2 = 4$
$cis^2 = 1$
$d^2 = 4$
$dis^2 = 1$
$e^2 = 5$
$f^2 = 3$
$fis^2 = 4$
$g^2 = 2$
$a^2 = 4$
$b^2 = 2$
$b-es^2 = 4$
$f^2 = 4$
$ges^2 = 1$
$a^2 = 1$
$b^2 = 1$
$h-cis^2 = 1$
$dis^2 = 2$
$e^2 = 1$
$f^2 = 1$
$g^2 = 1$
$a^2 = 1$
$c^1-g^2 = 1$
124

Mutirende
mit der Fähigkeit einzelne musikalischen Töne zu produciren u. zwar:

$es-f^1 = 1$
$e-c^1 = 1$
$d^2 = 1$
$g-g^1 = 1$
$a^1 = 1$
$h^1 = 1$
$as-as^1 = 2$
$h^1 = 1$
$d^2 = 1$
$a-a^1 = 3$
$h^1 = 1$
$c^1 = 1$
$c^2 = 1$
$b-f^1 = 1$
$b^1 = 2$
$d^2 = 2$
$h-h^1 = 1$
$c^1-a^1 = 1$
23

Mutirende
ohne die Fähigkeit einen musikalischen Ton zu produciren 112
135

Vollendete Mutation

$C-a = 1$

Ueber die electrischen Eigenschaften der Haare und Federn.

Von

Sigm. Exner,
Professor d. Physiologie a. d. Universität in Wien.

Mit 3 Textfiguren.

In Gegenden, in welchen es landesüblich ist, Federn auf dem Hute zu tragen, kann man häufig die Beobachtung machen, wie eine solche oder ein Büschel von Federn gänzlich durchnässt zusammenklebt, etwa auch noch am nächsten Tage im getrockneten Zustande einem unförmlichen Lappenwerk gleichsieht, aber im Laufe eines Spazierganges sich allmählich entfaltet, und am Schluss desselben zu seiner natürlichen Pracht und Regelmässigkeit zurückgekehrt ist. Hat man es etwa mit den weichen Federn der Bauchseite eines Raubvogels zu thun, so zeigt der zarte Flaum eine Nettigkeit und Zierlichkeit in der Anordnung der feinsten eben noch sichtbaren Fäserchen, eine so gleichmässige Vertheilung derselben, dass man unwillkürlich nach einem ordnenden Principe sucht, nach einer Kraft, welche die Strahlen, die doch so fest aneinander gehaftet hatten, trennte, und nun in gleichmässigem Abstande von einander hält. Da der Flaum wieder sein grosses Volumen angenommen hat, die feinsten Strahlen der Federchen von den Aestchen fast senkrecht abstehen, und diese sowie die benachbarten Strahlen zu fliehen scheinen, so bekommt man den Eindruck, dass die einzelnen Elemente einander abstossen, wie die Streifen eines Goldblatt-Elektroskopes.

Prüft man die Berechtigung dieses Eindruckes, indem man eine geriebene Siegellackstange den Federn nähert, so überzeugt man sich sofort, dass diese wirklich elektrisch sind. Es scheint also in der That, dass die zierliche Ordnung im Flaume theilweise seiner elektrischen Ladung zu danken ist. Untersucht man etwas

genauer, so wird man alsbald bemerken, dass verschiedene Federn, oder verschiedene Aeste derselben Feder mit Elektricität von ungleichem Vorzeichen geladen sind.

Diese Verschiedenheit könnte daher kommen, dass eine Feder etwa am Hute, eine andere an ein anderes Object gestreift hatte, und so nach bekannten Regeln Reibungselektricität verschiedener Art entstanden ist. Die Ursache könnte aber auch eine andere sein.

Die Fragen, ob sich eine Gesetzmässigkeit in der schon bei oberflächlicher Untersuchung erkennbaren grossen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, ob sich eine biologische Bedeutung der zweifellosen Elektricitätsentwickelung, ob sich analoge Verhältnisse auch bei den Haaren finden lassen, beschäftigten mich in der letzten Zeit, und die experimentell gefundenen Antworten auf diese Fragen bilden den Inhalt der nachstehenden Abhandlung.

Es ist im höchsten Grade auffallend, dass sich in der Litteratur, soweit sie mir zugänglich ist, über die hier zu besprechenden Thatsachen fast gar nichts findet, obwohl man über die wissenschaftlichen Hülfsmittel, die zu der Untersuchung nöthig sind, seit mehr als einem Jahrhundert verfügt. Unzählige Male wird die Elektricitätsentwickelung an den Haaren beim Kämmen beschrieben, und werden Fälle von Menschen angeführt, welche von ihrer Körperoberfläche, sei es in Folge der Reibung durch die Kleidung oder in anderer Weise Funken abgaben[1]), auch dass Haare und Federn vortreffliche Elektricitätserreger sind, ist unzählige Male gesagt[2]), und noch öfter experimentell verwerthet worden, aber ob diese Eigenschaft der Haare und Federn im Haushalte der Natur eine Rolle spielt, wird, meines Wissens, nirgends ernstlich beantwortet, oder auch nur gefragt.

Es mag sein, dass dieses Thema, als der vergleichenden Physiologie zugehörig, weiter vom Wege ablag; es sind aber doch andere Fragen solcher Art oft sehr eingehend bearbeitet worden.

Bei meinen Untersuchungen bediente ich mich grösstentheils folgender einfacher Methoden. Wollte ich erfahren, ob ein ganzes

---

1) Vergl. die ausgezeichnete kritische Sammlung der ältern einschlägigen Litteratur in du Bois-Reymond's „Thierische Elektricität.“ Band I.

2) Es sind Spannungsreihen für Reibungselectricität aufgestellt worden, in denen diese Cuticulargebilde eine erhebliche Rolle spielen. Ich kopire

Thier, ein Bund Federn, ein Stück Fell, oder auch nur eine grössere Feder u. dgl. mit Elektricität geladen seien, oder, falls sie auf verschiedene Antheile vertheilt, beide Arten der Elektricität enthielten, ob die positive oder die negative Elektricität überwiege, so senkte ich das Object in einen durch Paraffin isolirten Kupferkessel ein. Dieser durfte vom Objecte nicht berührt werden, und war in leitender Verbindung mit einem Goldblattelektroskop, oder einem Elektrometer.

Es ist selbstverständlich, dass die eingesenkte Elektricität an der Innenfläche des Kupferkessels die entgegengesetzte inducirt, und die durch Vertheilung entstandene gleichartige von dem Elektroskop angezeigt wird.

Als letzteres diente mir das von meinem Bruder Franz Exner angegebene Instrumentchen, ein bequemes und transpor-

---

nach Wüllner zwei solche Reihen, in denen jedes Glied mit dem nachfolgenden gerieben positiv wird:

Nach Young	Nach Faraday
Glas (polirt).	Katzen- und Bärenfell.
Haare.	Flanell.
Wolle.	Elfenbein.
Federn.	Federkiele.
Papier.	Bergkrystalle.
Holz.	Flintglas.
Wachs.	Baumwolle.
Siegellack.	Leinwand.
Glas (wattes).	Weisse Seide.
Metalle.	Die Hand.
Harz.	Holz.
Seide.	Lack.
Schwefel.	Eisen, Kupfer, Messing, Zink, Silber, Platin.
	Schwefel.

Burkard Eble führt in seinem Werke „Die Lehre von den Haaren", Wien 1831, die bekannten elektrischen Erscheinungen an, und spricht auch eine Vermuthung über die Rolle der Elektricitätsentwickelung im thierischen Haushalte aus, indem er die Kopfhaare mit Blitzableitern vergleicht (Bd. II. pag. 165) und unter den Zwecken der Schamhaare einen „eigenthümlichen bisher noch zu wenig gewürdigten Einfluss auf den beim Beischlaf wirkenden elektrischen Process zwischen den beiden sich polarisch entgegenstehenden Individuen" annimmt (ibid. pag. 195), beides Deutungen, welchen in der naivsten Weise der Stempel ihrer Zeit aufgedrückt ist.

tables Goldblattelektroskop [1]). Gewöhnlich aber arbeitete ich mit einem Quadrantelektrometer, von einer Form, die in den letzten Jahren von F. Miller in Innsbruck nach Angabe von Victor von Lang in Handel gebracht wurde.

Diese meine einfache Versuchsanordnung ist durch das Schema Fig. 1 versinnlicht. *KK* ist der Kupferkessel, *F* eine eingesenkte Feder, *q q* das Elektrometer mit der über den Qua-

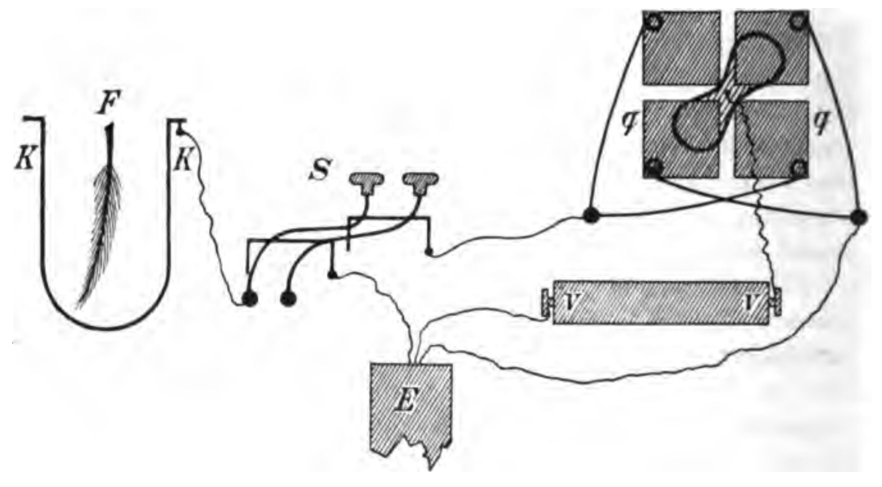


Fig. 1.

dranten schwebenden lemniskatenförmigen Nadel, *V V* eine Zamboni'sche Säule und *E* stellt die Verbindung der Leitungen mit der Erde her. Durch Druck auf einen federnden Schlüssel *S* konnte die leitende Verbindung des Kessels mit den Quadranten des Elektrometers hergestellt und zugleich die Verbindung des Kessels und der anderen Quadranten mit der Erde aufgehoben werden.

Wenn man das elektrisirte Object mit der Hand in den Kessel hält, ist es natürlich nöthig, die Hand selbst auf ihre Ladung zu controlliren.

A. Versuche an Federn.

Wie erwähnt zeigen sich Federn, wenn sie längere Zeit in der Luft bewegt wurden, elektrisch, aber die verschiedenen Federn sind weder gleich stark noch gleichsinnig elektrisirt, und selbst

1) Sitz.-Ber. d. Wiener Akademie d. Wiss. 1887. Bd. 95. Abth. 2.

die einzelnen Theile einer Feder können in ganz verschiedener Weise geladen sein. Es war zunächst die Frage zu beantworten, wodurch sich diese Elektricität entwickele.

Versuchsreihe I.

Ich nahm eine steife Schwungfeder (Handschwinge[1])) von einem Bussard (Buteo vulgaris), befreite ihren Kiel von den wenigen, leicht beweglichen flaumartigen Aesten und umkleidete ihn mit Stanniol, um ihn fassen zu können, ohne Gefahr zu laufen, hierdurch zu grosse Mengen Elektricität an den Berührungsstellen anzuhäufen. Auch umwickelte ich die Spitze der Feder zu demselben Zwecke mit Stanniol. Liegt eine Feder mehrere Tage ruhig auf dem Tische, dann pflegt sie, vorsichtig, d. h. ohne mit ihr anzustreifen, erhoben und in den Kessel gehalten, ziemlich unelektrisch zu sein.

Fasste ich nun diese Feder an dem umwickelten Kiel und schwang sie ein paarmal durch die Luft, so zeigte sie sich sofort positiv geladen. Nichts sprach dafür, dass die Ladung etwa nur an dem berührten Kiele hafte, denn senkte ich sie mit dem freien Ende ein, und liess den Kiel noch ausserhalb des Kessels, so war der Ausschlag nicht kleiner, als wenn ich sie an der Spitze nahm und sie verkehrt bis zur selben Tiefe einsenkte.

Eine zweite Schwungfeder desselben Thieres, aber von anderem Bau, es war eine Armschwinge, sowie eine 10 cm lange Deckfeder vom Körper, verhält sich genau ebenso, und eine Handschwinge eines Kauzes (Syrvium aluco), die eine wesentlich andere Textur hat, zeigte dieselbe Erscheinung. Der ganze Flügel eines Bussard, eines Kauzes, einer Taube und einer Wildente, ausgespannt, getrocknet und durch die Luft geschwungen, wird stark positiv.

Ein Bündel von Flaumfedern aus der Schenkelgegend des Kauzes, deren Spitzen zusammengebunden und in eine Glasröhre eingesiegelt waren, so dass die flaumigsten Theile der Federn wie ein Flederwisch frei herausragten, zeigte auch positive Elektricität, nachdem ich das Bündel so durch die Luft geschwenkt hatte, dass keine Feder die Glasröhre zu berühren vermochte. Ein ähnliches

1) Ich halte mich betreffs der Bezeichnungen von Federn an Leunis Synopsis der Thierkunde. 3. Auflage. bearb. v. H. Ludwig. Bd. I. S. 300.

Flaumbüschel vom Bussard wurde bei derselben Behandlung negativ.

Hier wie in anderen Fällen ist es selbstverständlich, dass ich die Versuche oftmals wiederholt habe; denn mehr wie bei anderen Experimenten muss man bei diesen sich hüten, für gesetzmässig zu halten, was nur durch eine momentane und gar nicht übersehbare Kombination von Umständen bedingt ist.

Das Ergebniss dieses Versuches ist in physikalischer und in physiologischer Beziehung interessant.

In physikalischer deshalb, weil die positive Elektricität, welche in der Feder nach der Reibung mit der Luft zurückbleibt, zur Annahme zwingt, dass die Luft bei der Procedur negativ geladen worden ist. Nun aber kannten wir bis vor ganz kurzer Zeit keine Ladung von Gasen. Es ist eine Entdeckung der allerjüngsten Zeit, dass auch Gase elektrisirt werden können. Lord Kelvin und M. Maclean hatten durch anhaltende Funkenentladungen Spuren von Elektricität der Luft mitgetheilt[1]. Hier aber erhielt ich so bedeutende Mengen von Elektricität, dass deren Nachweis keinerlei Schwierigkeiten bereitete.

In physiologischer Beziehung sind diese Versuche von Interesse, weil ihr Ergebniss die Federn als ganz besonders befähigt erscheinen lässt, bei ihrer Reibung mit Luft elektrisch zu werden. Da es so zu sagen im Berufe der Federn liegt, durch die Luft geschwungen zu werden, und nicht nur die Flügelfeder, sondern jede Feder im Fluge an der Luft gerieben wird, da weiterhin die abstossenden Wirkungen gleichnamiger Ladung nothwendig die feinsten Strahlen und Strählchen der Federn in jener Anordnung erhalten, bei welcher sie der Luft den grössten Widerstand entgegensetzen, so wird man jene idio-elektrische Eigenschaft der Federn als im Haushalte der Natur wohl begründet ansehen können.

Ist es doch einleuchtend, dass die gleichmässigste Vertheilung der Strahlen einer Feder sowohl bei der Schwinge den günstigsten Luftwiderstand und damit die beste Ausnutzung der Contractionen der Fliegmuskeln gewährt, als auch beim Federnkleide den besten Schutz vor Wind und Wetter bietet.

Ich habe versucht, andere idio-elektrische Substanzen in der-

1) Philosophical Magazine 1894. Ser. 4. Vol. XXXVIII. p. 225. cit. nach Naturw. Rundschau IX. Jahrg. No. 44. S. 557.

selben Weise durch Schwingen in der Luft zu elektrisiren, wobei ich natürlich wieder darauf achtete, dass sie sich wirklich nur untereinander und an Luft rieben:

1. Ein Büschel von Papierstreifen (circa 20 cm lang und 1 cm breit) am Ende eines starken Drahtes mit Siegellack befestigt;

2. Stanniolstreifen in einem ähnlichen Büschel an eine Siegellackstange gesiegelt;

3. Glaswolle, ebenfalls mit Siegellack an einen steifen Draht geklebt;

4. Baumwolle, ebenso befestigt.

Alle diese Vorrichtungen zeigten mir keine sicher erkennbare Elektricitätsentwickelung. Wenn es sich bei fortgesetzter Prüfung doch etwa gezeigt hätte, dass sich Spuren von Ladungen entwickeln, so wäre dann der Gedanke nahe gelegen, dass diese von der Berührung mit dem Staube der Luft herrühren, dessen Elektricität oftmals beobachtet wurde. Das, worauf es mir ankam, war, zu erfahren, ob sich die Federn in dieser Beziehung wesentlich anders verhalten als andere Isolatoren.

Wir haben also Grund, anzunehmen, dass die Federn vollkommener fungiren, wenn sie mit Elektricität geladen sind, und dass diese ihre Ladungen durch die Reibung mit der Luft erzeugt oder erhöht werden.

Versuchsreihe II.

Die ausserordentlich kräftigen Ladungen der Federn haben aber noch eine andere und zwar eine viel ausgiebigere Quelle als die geschilderte. Sie besteht in der Elektricitätsentwickelung durch Reibung der Federn aneinander.

Ich verfertigte mir ein Büschel von Flaumfedern, indem ich aus der Bauchgegend eines Bussard ein Stück Haut abzog, die freien Enden der Federn zusammenband und in ein Glasrohr einsiegelte. Dieses Glasrohr mit Stanniol umwunden diente als Handhabe. Wenn man nun die Haut wegschneidet, so erhält man einen Federwisch, dessen Federn sämmtlich mit ihren Flaumenden ins Freie ragen.

Streicht man mit diesem Flaum über die Rückenfläche des schon erwähnten, im ausgebreiteten Zustande getrockneten Bussardflügels, so wird letzterer positiv, der Flaum negativ. Es ist dabei

gleichgültig, ob die obere oder die untere Fläche des Flügels gestrichen wird. Diese Wirkungen sind so stark, dass ein Paar leise Striche Ladungen hervorrufen, welche beim Einsenken der Federn in den Kessel die Skale aus dem Gesichtsfeld schleudern, oder am Elektroskope die Goldblättchen zum Anschlag bringen. Bei wiederholter Streichung bringt man es leicht zu einer demonstrirbaren Anziehung der Federn aneinander selbst in Entfernungen von mehreren Centimetern.

Als Typus dieses Versuches möchte ich den folgenden hinstellen: mit einem Flaumbündel der geschilderten Art wird über die Rückenfläche einer Schwungfeder gestrichen. Die Schwungfeder stellt sich sofort als positiv, das Bündel als negativ geladen heraus. Es ist ganz gleichgültig, ob man die Schwungfeder vom Kiel gegen die Spitze, oder von der Spitze gegen den Kiel streicht.

Ich variirte diesen Grundversuch, indem ich die zweierlei Federarten vom Kauz, von einer Wildente und einer Taube in derselben Weise erprobte: immer mit demselben Erfolg. Von gewissen seltenen Umständen, unter denen ein anderes Resultat erhalten werden kann, soll alsbald die Rede sein.

Dieser polare Gegensatz zwischen den steifen mit stachelartigen Aesten und Strahlen versehenen Schwungfedern und den weichen mit härchenartigen Aesten und Strahlen besetzten Flaumfedern lässt sich noch weiter nachweisen, indem man Federn miteinander reibt, welche zwischen den beiden genannten Extremen stehen. Bietet doch das Vogelkleid eine Reihe continuirlicher Uebergänge von den steifsten Schwungfedern zu dem zartesten Flaum.

Eine kleine Deckfeder vom Körper des Bussard mit dem oben erwähnten Flaumbündel gestrichen, wird immer noch positiv und macht das Flaumbündel negativ. Ich nahm die ziemlich flaumigen aber doch bis 8 cm langen Federn aus den beiden Schenkelgegenden und bildete daraus zwei, demnach aus möglichst gleichartigen Federn bestehende Büschel. Bei dem einen Büschel waren aber die Kiele der Feder in die Glasröhre eingesiegelt, bei dem anderen waren die Federn umgekehrt, also mit ihren Spitzen im Handgriffe befestigt. Da jede Feder vom Kiele gegen das freie Ende hin mehr und mehr den Charakter der steifen Federn annimmt, so berührten sich, wenn ich die beiden

Büschel aneinander vorbeiführte, die flaumigeren Theile des einen mit den steiferen Antheilen des anderen, d. h. ich erhielt den Effekt, den die Reibung wesentlich gleichartiger Federn dann hervorruft, wenn verschieden gelegene Antheile derselben miteinander in Berührung kommen. Es zeigte sich, dass das Federbüschel, dessen Kiele frei waren, stets negativ wurde und das andere positiv, dass also die centralen Federenden negativ werden, wenn sie sich mit den peripheren reiben. Letztere werden positiv.

Streifte ich nun aber mit diesem Büschel, dessen steifere Federenden frei waren, über eine Schwungfeder, so wurde es sofort negativ und die Schwungfeder positiv. Es stehen eben diese Schenkelfedern in ihrer Textur gegenüber der Schwungfeder dem Flaum näher, gegenüber den centralen Enden der gleichartigen Federn, mit denen sie früher gerieben wurden, stehen sie der Schwungfedern näher.

Würde man also eine continuirliche Uebergangsreihe von den zartesten Flaumfedern zu den Schwungfedern herstellen, so würde dieselbe zugleich eine Spannungsreihe sein. Die in der Textur dem Flaum näherstehende Feder wird dabei immer negativ gegen die der Schwungfeder näher stehende.

Man kann diese Polarität der Federn noch in mancher anderen Weise zeigen.

Ich schnitt aus der Haut eines Bussard zwei symmetrisch gelegene Hautstücke (aus der Gegend der Achselhöhle) bei Erhaltung der darin haftenden Federn aus. Sie wurden aufgespannt, getrocknet und dann auf einer mit einem eingeschmolzenen Metallgriff versehenen Paraffinplatte so angeheftet, dass die Federn zu Tage lagen. Nun stutzte ich die eine Hautstelle in der Weise, dass die gröberen Deckfedern entfernt wurden, und fast nur der in den tieferen Schichten gelegene Flaum, freilich mit den Stümpfen der gröberen Federn, übrig blieb. Führte man nun diese beiden Federpelze zart übereinander hin, so wurde der gestutzte sofort negativ, und der ungestutzte positiv. Da sich am nächsten Tage die Spannungen wieder verloren hatten, so konnte man den Versuch mit denselben Objecten wiederholen, und erhielt stets dasselbe Resultat.

Eine mittelgrosse Deckfeder vom Rücken oder Bauch besteht

aus einem flaumigeren unteren und einem steiferen oberen Theile. Schneidet man eine solche in zwei Hälften und reibt diese aneinander, so wird wieder der flaumige Theil negativ, der steifere positiv.

Besonders hübsch scheint mir die folgende Form des Versuches. Ich befestigte eine wenige Centimeter lange Feder eines Kauzes, welche Flaumtheil und Decktheil deutlich entwickelt hatte, an einem Coconfaden, so dass sie, in ein Glas gehängt und dadurch vor Luftzug geschützt, horizontal schwebte. Nach wenigen Tagen erweist sie sich, durch eine geriebene Glas- oder Siegellackstange untersucht, als nicht mehr elektrisch. Nun hebe ich sie ohne zu berühren heraus und lasse sie auf den Kauzflügel niedersinken. Sie berührt dabei nur die steifen Deckseiten der Federn. Hier streiche oder peitsche ich sie einigemale mit einem Wedel aus den Flaumfedern desselben Kauzes, oder ich ziehe sie einigemale auf dem Flügel hin und wider. In das Glas zurückgebracht, erweist sie sich nun an ihrem Deckende stark positiv, am anderen negativ. Es hat also am Flaumtheile der Feder die Berührung mit dem streichenden Flaum einen geringen Effect gehabt, der jedenfalls von dem der Berührung mit den Deckfedern weit überwogen wurde, und am Deckende der Feder ist die Berührung mit den steifen Flügelfedern in ihrer Wirkung von der des Flaumbündels übertroffen worden.

Bei Gelegenheit dieser Versuche konnte ich sehen, dass eine Feder ihre Ladung nach einem Tage noch besitzt, und selbst nach 48 Stunden noch nicht ganz verloren hat.

Vielleicht ist es nicht überflüssig zu bemerken, dass es sich hier durchaus um nie versagende Versuche handelt, dass die Flaumfedern jedes von mir untersuchten Vogels mit der Oberseite der Deckfedern desselben Vogels gerieben, stets das geschilderte elektrische Verhalten zeigen.

Um eine Vorstellung von der Menge der so entwickelten Elektricität zu geben, will ich einige bei den Grundversuchen ausgeführte Messungen hier anführen.

Am 28. April streiche ich mit einem Flaumbüschel des Kauzes über die Rückenfläche des getrockneten Flügels. Das Büschel, in den Kupferkessel eingesenkt, verlieh diesem ein Potential von 103 Volt. Da der Kessel eine Capacität von ca.

22,5 elektrostat. Einheiten oder 25×10^{-6} Mikroforad hat, so enthielt das Flaumbüschel eine Elektricitätsmenge von

ca. 7,7 elektrost. Einheiten, oder 26×10^{-10} Coulomb[1]).

Der Flügel zeigte eine merklich ebenso grosse Menge positiver Elektricität.

Bestrich ich mit dem Flaumbüschel eine grössere Fläche des Flügels, indem ich ihn öfters hin und wider führte, so kamen bald die Blättchen des Elektroskopes zum Anschlag, d. h. der Kessel enthielt ein Potential von mehr als 203 Volt, und sowohl Büschel als Flügel enthielten mehr als je

15 elektrost. Einheiten oder 50×10^{-10} Coulomb.

Das Flaumbüschel des Bussard einmal über den Flügel desselben geführt, verleiht, eingesenkt in den Kessel, diesem eine Spannung von 158 Volt, enthält also ca.

12 elektrost. Einheiten oder 40×10^{-10} Coulomb.

Näherungsweise ebensoviel lässt sich im Flügel nachweisen. Mehrmaliges Streichen ergiebt Ladungen, welche die eben angegebene Grenze überschreiten, bei welcher das Elektroskop noch als Messapparat verwendbar ist.

Eine einzige Schwungfeder des Bussard, dreimal mit dem Flaume überstrichen, ertheilt dem Kessel ein Potential von 137 Volt, und enthält

10 elektrost. Einheiten oder 34×10^{-10} Coulomb.

Ein kleines Stückchen Entenflaum aus der Achselgegend aufgespannt auf Paraffin und über einen Entenflügel geführt, ergiebt eine Ladung des Kessels von 70 Volt, und enthält demnach:

5 elektrost. Einheiten oder 17×10^{-10} Coulomb.

Nach zweimaligem Ueberstreichen zeigt der Kessel eine Spannung von 127 Volt, ist also die Elektricitätsmenge im Flaume nahezu verdoppelt.

Oftmals fiel mir im Laufe dieser Versuche mit elektrisirten Federn auf, dass die flaumigen ihre negative Elektricität viel

1) Zur Vergleichung sei angeführt, dass mir an demselben Tag und unter denselben Verhältnissen gemessen, eine Siegellackstange einmal in ihrem ganzen Umfange durch ein angepresstes Leder gezogen 10 elektrost. Einheiten ergab.

länger bewahren, als die steifen die positive. Offenbar ist auch das der Ausdruck ungleicher Texturen.

Wenn man von den hier geschilderten Verhältnissen eine Ausnahme finden sollte, so dürfte sie, nach meinen Erfahrungen, entweder darauf beruhen, dass die steifere Federgattung sich an der Unterseite anders verhält als an der Oberseite, weshalb ich oben vom Streichen der Feder-Rückenseite gesprochen habe. Hiervon soll bei der nächsten Versuchsreihe die Rede sein. Zweitens kann es auf künstlicher Veränderung oder Verunreinigung der Federn beruhen.

Ich beobachtete zuerst an einem Aste einer Flaumfeder, den ich mit einem leitenden Kitt (Politur und Russ) an einem kleinen eisernen Stativ so befestigt hatte, dass er frei in die Luft ragte, dass er, einmal mit Wasser oder Alkohol befeuchtet, an einer Schwungfeder hingeführt, nicht mehr negativ, sondern positiv wurde.

Dasselbe beobachtete ich dann an einer vollständigen Flaumfeder des Bussard. Ich hatte sie nass gemacht. Nachdem sie getrocknet war, zeigte sie zunächst keine Ladung. Aber als ich sie über den Bussardflügel zog, wurde sie stark positiv. Eine andere Feder von derselben Stelle genommen, aber nicht nass gemacht, zeigte die normale negative Ladung. Nun befeuchtete ich diese, verfuhr wie früher mit der anderen und erhielt dasselbe Resultat.

Nun nahm ich das ganze Flaumbüschel vom Bussard, wusch es, und liess es wieder trocknen. Am ersten und am zweiten Tag nachher wurde es mit dem Flügel gerieben positiv, erst am dritten Tage nahm es wieder die normale negative Ladung an.

Eine Schwungfeder mit Alkohol, der etwas Talg enthielt, übergossen und getrocknet, hat nun die Eigenschaft mit der abnormen Flaumfeder gestrichen, negativ zu werden. Eine Wiederholung des Versuches ergab dasselbe Resultat.

Versuchsreihe III.

Aber nicht nur die Verschiedenheiten von Feder zu Feder bilden eine Quelle der Reibungselektricität im Gefieder, auch die Verschiedenheiten der oberen und unteren Fläche von sonst ein-

ander sehr nahe stehenden Federn giebt zur Elektricitätsentwickelung Veranlassung.

Man kann sagen, dass alle, oder doch wenigstens jene Federn, welche an der Oberfläche sichtbar sind, in einer Dachziegeln ähnlichen Anordnung stehen. Das bezieht sich nicht nur auf das eigentliche Federkleid, sondern auch auf Flügel und Schweif.

Nimmt man zwei Schwungfedern aus dem Flügel, legt sie, wenn sie sich als unelektrisch erwiesen haben, so aufeinander, wie es der natürlichen Anordnung entspricht, indem man sie an den Kielen frei in die Luft hält, und reibt sie nun durch Verschiebungen von Millimetern aneinander, so findet man sie alsbald elektrisch, und zwar die obere negativ, die untere positiv geladen. Die obere Feder wurde an ihrer unteren Fläche gerieben, und das Reibende war die obere Fläche der unteren Feder. Man kann sogleich die untere Feder zur oberen machen und neuerdings reiben. Alsbald kehrt sich das Verhältniss um, es erweist sich jetzt die früher negative Feder als positiv geladen. Es liegt also nicht an der Verschiedenheit der Federn, sondern an der der geriebenen Oberflächen.

Die untere Fläche wird immer gegen die obere negativ.

Ich habe den beschriebenen Grundversuch ausgeführt, indem ich nahezu die ganze Reihe der Schwungfedern eines Flügels vom Bussard, dann von einem Kauz und von einer Taube paarweise ausriss, und jedes solches Federnpaar in natürlicher Lage aneinander rieb. Jedesmal, mit Ausnahme eines Paares, wurde dadurch die obere Feder negativ, die untere positiv. Dieses Paar zeigte das abnorme Verhalten auch noch später. Es liegt die Vermuthung nahe, dass eine unnatürliche Veränderung einer der beiden Federn daran Schuld trug. Machte ich bei diesem abnormen Federnpaar die obere Feder zur unteren, so zeigten beide ein normales Verhalten, d. h. die obere wurde wieder negativ, die untere positiv.

Es steht demnach die untere Fläche einer Feder dem Flaume näher als die obere, wenn wir an eine Anordnung nach Art der Spannungsreihe denken; auch durch die fühlbare und sichtbare Textur erscheint die untere Fläche der Schwungfeder dem Flaume verwandter als die obere.

Auf den in dieser III. Versuchsreihe zu Tage getretenen Umständen beruht es, dass ich bei der Versuchsreihe II in der Regel von der Oberseite der steifen Federn sprechen musste, wenn diese durch Streichen mit Flaum positiv gemacht werden sollten. Denn wie aus dem Mitgetheilten erhellt, musste die Frage: welche Ladungen entstehen, wenn man Flaum mit der Unterseite einer Deckfeder reibt? noch experimentell beantwortet werden. Haben doch beide die Eigenschaft, mit der Oberseite der Deckfeder negativ zu werden.

Wie zu erwarten war, lässt sich diese Frage nicht allgemein beantworten; es kommen hier offenbar Feinheiten im Baue der Federn in Betracht, die sich der Beurtheilung durch das Auge entziehen.

Beim Bussard, der einen sehr zierlichen und feinen Flaum besitzt, erhielt ich bei Bestreichung der Unterfläche einer Schwungfeder immer entsprechend Vers.-Reihe II die Schwungfeder positiv, den Flaum negativ. Nahm ich aber statt dieses dem Körper zunächst gelegenen zartesten Flaums weiche Federn aus der hinteren Bauchgegend und strich mit ihren freien, also den Deckfedern näher stehenden Enden die Unterfläche der Schwungfeder, so erhielt ich schon, wenn auch nur bisweilen, und nicht bei allen Schwungfedern die verkehrte Ladung, d. i. Schwungfeder negativ, Federbüschel positiv.

Bei anderen Vögeln spielt aber die untere Fläche der Schwungfeder eine Rolle, als stünde sie in der Spannungsreihe dem Flaume näher als beim Bussard.

Beim Kauz und der Ente erhielt ich durch das Fegen der Unterseite der getrockneten Flügeln mit dem Flaum dieser Thiere bisweilen den Flügel negativ, den Flaum positiv geladen. Und bei der Taube war dies jedesmal so.

Erwähnenswerth ist, dass der Taubenflügel mit seiner inneren Fläche so an die Bruchwand gelegt, wie es seiner normalen Stellung entspricht und ein wenig gerieben negativ wird. Es berührt dann aber auch wieder die untere Fläche der Schwungfedern die obere Fläche der Deckfedern.

Wenn auch biologisch nicht verwerthbar, sei doch erwähnt, dass ich Bussardflaum negativ fand, wenn er mit dem Flaum des Kauzes gerieben wurde. Letzterer zeigt dann natürlich positive Ladung. Ebenso behandelt ist die Oberseite der Bussard-

Schwungfeder negativ gegen die Unterseite der Kauz-Schwungfeder, und in gleicher Weise verhalten sich diese beiden Federn, wenn sie mit ihren Unterseiten aneinander gerieben werden.

Diese letzten Bemerkungen beruhen auf dem Ergebnisse nur weniger Versuche.

B. Versuche an Haaren.

Versuchsreihe I.

Die oben in Versuchsreihe II geschilderte Polarität zwischen Deckfedern und Flaum findet ihre Analogie bei den Haaren jener Thiere, deren Pelz auch aus zwei verschiedenen Haargattungen besteht. So hat das Kaninchen, die Katze, der Feldhase, der Fuchs u. s. w. sehr zahlreiche zarte, an den Vogelflaum erinnernde wollartige Härchen, zwischen denen viel weniger zahlreiche steife und lange Haare stehen, die den Wollpelz überragen, und deren freie Enden, indem sie sich nach einer bestimmten Richtung wenden, jene zudecken, so dass man häufig die zarten Härchen erst beim Aufbiegen oder beim Entfernen der steifen Deckhaare zu sehen bekommt. Es ist bekannt, dass gewisse Pelze „gerupft" in Handel kommen, d. h. nach Entfernung der Deckhaare.

Es wird nun auch hier *das Deckhaar gerieben an dem Wollhaare positiv, und letzteres negativ elektrisch.* Die Ladungen, die man bekommt, sind bisweilen ganz enorm.

Ich führte mit den abgezogenen und sofort aufgespannt und getrockneten Pelzen von Kaninchen folgenden Versuch aus. Zwei möglichst symmetrischen Körperstellen entnommene quadratische oder rechteckige Hautstücke von 5 bis 10 cm Seitenlänge wurden mit vier Nägelchen an Paraffinplatten angeheftet, welche, wie oben schon erwähnt, mit einer eingeschmolzenen Handhabe versehen waren. Die Pelzseite war natürlich die obere. Man kann nun ohne den Pelz oder das Paraffin zu berühren, das eine Pelzstück mit dem anderen streichen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Köpfe der Nägel tief in den Pelz versenkt sind, die Paraffinstücke nicht selbst elektrisch sind, und die Haare des einen Stückes nicht etwa am Paraffin des anderen streifen. Letzteres ist schon deshalb leicht zu vermeiden, weil ja von einem Reiben im gewöhn-

lichen Sinne des Wortes nicht die Rede ist, vielmehr die Pelzstücke so aneinander vorbeigeführt werden, dass nur eine zarte Berührung der Haare stattfindet.

Verfährt man in der geschilderten Weise mit den beiden genannten Stücken, so erhält man, im Kupferkessel geprüft, entweder überhaupt keine nennenswerthen oder doch keine gesetzmässig wiederkehrenden Ladungen. Scheert man aber jetzt bei einem der Stücke die Deckhaare ab, so dass die Wollhaare zu Tage liegen, oder doch an der Oberfläche gegenüber dem anderen Pelzstücke weit überwiegen, und streicht wieder, so wird das geschorene Stück negativ, das ungeschorene positiv. Viele Paare von Pelzstücken ergaben das gleiche Resultat, und ebenso jedes Paar von Tag zu Tag wieder geprüft. Nur ein Kaninchenfell kam mir unter, bei dem die Ladungen die verkehrten waren.

Es war das erste, das ich überhaupt untersuchte, und so kam es, dass ich die Pelzstücke, sie als etwas besonderes nicht erkennend, wegwarf, und später nicht mehr in der Lage war sie genauer zu untersuchen.

Besonders starke und prompte Ladungen gab mir der Feldhase; die beiden Pelzstücke einmal ganz zart übereinander vorbeigeführt, und jedes für sich in den Kupferkessel eingesenkt, versetzten diesen in eine Spannung von 70 Volt; sie enthielten also 5 elektrost. Einheiten oder 17×10^{-10} Coulomb. Einmal etwas stärker oder mehreremale aneinander gerieben brachte jedes die Goldblättchen zum Anschlagen, d. h. sie enthielten sicher mehr wie 15 elektrost. Einh.

Die Katzen, welche wegen ihrer Elektricitätsentwickelung allgemein bekannt sind, zeichnen sich bei dieser Versuchsweise vor den genannten Thieren nicht aus, bleiben wohl sogar etwas hinter ihnen zurück. Es dürfte das von der weniger ausgesprochenen Charakterisirung der beiden Haargattungen herrühren.

Eine Reihe von Experimenten zielte darauf ab, das elektrische Verhalten zweier verschieden gelegener Pelzstücke desselben Thieres bei Reibung aneinander zu ermitteln, z. B. von Rücken und Bauch. Die Resultate, die ich erhielt, deuteten darauf hin, dass auch hier das Ueberwiegen der einen oder der anderen Haarsorte den Ausschlag giebt, doch wurde ich bei diesen Prüfungen von Pelzstücken, deren elektrische Gegensätzlichkeit nicht so ausgesprochen war, darauf aufmerksam, dass das Resultat auch von der Art des

Streichens abhängig ist. Man erhält nämlich am gestutzten und ungestutzten Pelz das durch die oben ausgesprochene Regel geforderte Resultat am sichersten, wenn man den ungestutzten mit den Haaren, den gestutzten gegen die Haare streicht. Ja man kann bei gewissen Pelzstücken das Resultat durch entgegengesetzt gerichtetes Streichen umkehren. Die Ursache hiervon ist leicht zu finden. Streicht man die Deckhaare in ihrer Richtung, so wird das darunter liegende Wollhaar kaum berührt, weil es von den ersteren zugedeckt wird. Streicht man aber gegen die Haare, so werden die Deckhaare aufgestellt und das Wollhaar ist der Berührung viel freier ausgesetzt.

Ich habe die hier beschriebenen Versuche auch an Pelzen ausgeführt, welche vom Kürschner gekauft waren, also die Procedur des Gerbens durchgemacht hatten. Bei der Mehrzahl erhielt ich keine Ladungen, die stark und regelmässig genug gewesen wären, um an ihnen Studien machen zu können. Nur ein Pelz, den ich als ganze gegerbte und gefärbte Haut gekauft hatte, und der einem kleinen, nach dem Fell zu urtheilen, hamsterartigen Thiere angehört, welches die Kürschner russischen Bisam nennen, zeigte mir sehr kräftige Ladungen. Gestutzt und ungestutzt verhielt sich hier aber entgegengesetzt den frischen Fellen. Das gestutzte Stück wurde bei Reibung positiv und das ungestutzte negativ. Ob es wirklich Thiere giebt, bei welchen sich dieses Verhältniss umkehrt, oder, was mir wahrscheinlicher ist, ob die Behandlung beim Gerben und Färben daran schuld ist, kann ich nicht entscheiden.

Versuchsreihe II.

Aber nicht nur zwischen Woll- und Deckhaar giebt es eine Polarität, sondern in weiterer Analogie zu den Federn, auch zwischen den Theilen eines Deckhaares. Dort war es bei den meisten Federn der steifere freie, und der flaumige tiefliegende Theil, hier ist es ebenso der freie und der tiefliegende Theil des Haares.

Es wunderte mich, dass die Deckhaare, die ich nach den vorstehenden Versuchen für positiv geladen halten musste, in ihrer unteren Hälfte zwischen den negativ elektrischen Wollhaaren stehen sollten, denn man müsste erwarten, dass letztere von ersteren angezogen würden, was eine Anordnung des Pelzes veranlassen

müsste, von der ich nie eine Andeutung gesehen zu haben mich erinnere.

Der Versuch hat ergeben, dass das Deckhaar in seinem oberen Theile bei weitem geneigter ist positive Ladungen anzunehmen als im unteren Teile, so dass es zweifelhaft sein kann, ob es unten überhaupt positiv zu sein pflegt.

Dass es so ist, ersah ich aus einem Versuche, der jenem mit Kauzfedern ausgeführten und oben schon mitgetheilten nachgebildet ist. Das Deckhaar eines Feldhasen wurde vorsichtig, d. h. ohne es zu stark zu verletzen oder zu verunreinigen, an der Wurzel abgeschnitten und an einem Coconfaden frei und horizontal schwebend aufgehängt, und durch ein Glas vor Luftbewegung geschützt. Von aussen her konnte mit einer geriebenen Glas- oder Siegellackstange geprüft werden, ob es Elektricität enthalte. Wenn es nicht mehr der Fall war, so wurde das Haar am Coconfaden herausgehoben und auf ein ungestutztes Stück Hasenpelz sinken gelassen. Zog man es dann ein- oder zweimal über dieses wenige Centimeter lange Pelzstück, wobei ein eigentliches Reiben oder Streichen gar nicht stattfand, sondern das Haar nur vom eigenen Gewichte belastet an einer Stelle des Pelzes hängen blieb, absprang, wieder hängen blieb u. s. w. und brachte es dann in das Glas zurück, so zeigte es sich sehr stark elektrisch, und zwar wandte es stets die freie Spitze dem Siegellack zu.

Ich habe mich nicht bemüht zu erfahren, ob das daher rührt, dass das Spitzende positiv, das Wurzelende negativ geladen war, oder daher, dass beide positiv, ersteres aber stärker geladen war, es genügte mir zu wissen, dass die in Rede stehende Neigung der Deckhaare starke positive Ladungen aufzunehmen wesentlich dem Spitzentheile derselben zukam.

Wenn man das Haar über ein Stück gestutzten Hasenpelzes zog, so war das Resultat dasselbe.

Den geschilderten Versuch habe ich mit mehreren Deckhaaren des Haasen und mit jedem Haar mehrmals ausgeführt, ohne je ein anderes Resultat zu erhalten. Auch stellte ich ihn mit einem Haar jenes sich abnorm verhaltenden Bisams an, und fand auch am einzelnen Haar dieselbe Abnormität: es wendete sich die Spitze von der Siegellackstange ab.

Bei diesen Versuchen zeigt sich wieder die ausserordentliche

Hartnäckigkeit, mit welcher die Haare die Elektricität festhalten. Es war ganz gewöhnlich, dass ein solches als Magnetnadel aufgehängtes Haar nach 24 Stunden noch geladen war.

Erwähnt mag werden, dass dieser Polarität der beiden Haarhälften auch ein bedeutender Unterschied im Baue entspricht. Farbe, Breite und Form des Querschnittes pflegt in beiden Antheilen verschieden zu sein.

C. Die biologische Bedeutung der Elektricitätsentwicklung.

Wiewohl mir Messungen oder Rechnungen darüber nicht bekannt sind, darf ich doch annehmen, dass der Widerstand, welchen Federn oder Haare der durch sie streichenden Luft entgegenstellen, um so grösser ist, je gleichmässiger die Masse derselben auf den gegebenen Raum vertheilt ist, d. h. je kleiner die Lücken durchschnittlich sind, die zwischen den einzelnen Aesten und Strahlen der Federn oder zwischen den Haaren eines Pelzes bleiben. Zeigt doch die Formel von Poiseuille

$$A = K \frac{r^4}{l} H,$$

dass die Menge des aus einer engen Röhre ausfliessenden Wassers der vierten Potenz des Radius proportional ist, und lehrt Aehnliches die tägliche Erfahrung.

Es wird also ein Pelz, in welchem jedes Haar freisteht, dem Luftwechsel grössere Hindernisse bieten, als derselbe Pelz, wenn, etwa durch Feuchtigkeit, die Haare büschelweise aneinanderkleben. Aehnlich wird es bei den Federn sein.

So wird bei Säugethieren und Vögeln die starke negative Ladung der tieferen Schichten ihrer Bekleidung eine kräftige Abstossung der einzelnen Elemente bewirken, und da es deren Weichheit gestattet, eine möglichst gleichmässige Vertheilung der Flaumhaare oder der Strahlen und feinsten Strählchen von Federn stattfinden.

Es genügt in der Regel, dass ich mit einem Flaumbüschel ein paarmal über die Deckfedern streiche, um dasselbe zum Entfalten zu bringen; es sträubt sich, einzelne Federn starren in die Höhe, kurz, es zeigt die Erscheinung, die an vielen Menschenhaaren bei ihrer Ladung durch Kämmen allgemein bekannt ist.

Man wird wohl zunächst an die Vortheile denken müssen, welche hierdurch für den Schutz vor Wärmeverlust gegeben ist.

Wissen wir doch aus dem täglichen Leben, dass ein Pelz um so wärmer hält, je feiner die Haare sind, und dass eine mit Federn gefüllte Decke zeitweise geöffnet werden muss, um den Inhalt wieder aufzulockern.

Bei den Pelzen rührt die negative Ladung der Flaumhaare von der Berührung mit den Deckhaaren her, und bei den meisten Vögeln herrscht das analoge Verhalten. Bei jenen, welche, wie oben besprochen, einen Flaum besitzen, der mit der Unterseite der Deckfedern gerieben positiv wird, dürfte diese positive Ladung denselben Effect haben, wie dort die negative.

Wenn also die negative Ladung des Flaumes die Aufgabe im Haushalte des Thieres hat, die Haut unmittelbar mit einem überaus zarten Gemenge von Hornsubstanz und Luft zu umgeben

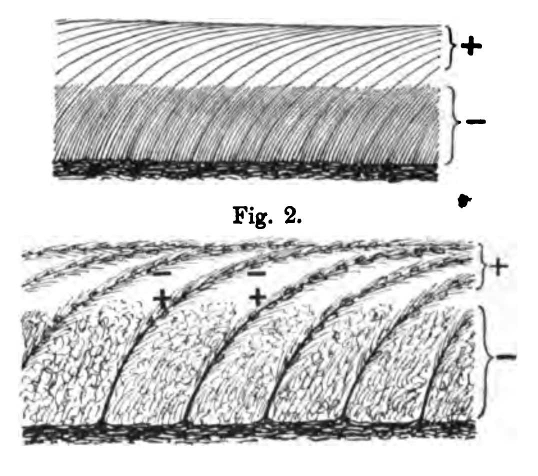


Fig. 2.

Fig. 3.

und dieses Gemenge in seiner feinen Vertheilung zu erhalten, so liegt die Frage nahe, ob sich auch für die positive Ladung der Deckhaare und Deckfedern eine Deutung finden lässt.

Sicher sind diese positiv geladen, während die unteren Schichten negativ geladen sind. Daraus folgt ebenso sicher, dass sie von dem unten liegenden Flaum angezogen werden. Wir haben also unten einen lockeren Flaum, der sich die steifen Haare und Federn zur festen Decke heranzieht, und selbst durch diese angezogen in lockerer Schichte gehalten wird, wie ich das in Fig. 2 und 3 sche-

matisch anzudeuten gesucht habe. Dass die untersten im Flaum steckenden Theile der steifen Haare selbst negativ geladen sein dürften, habe ich schon angeführt, und die Deckfedern sind in ihrem untersten Theile ohnehin auch flaumig, also negativ.

Man könnte freilich glauben, dass die positive Ladung die Deckhaare gegenseitig abstossen würde, dass sich diese demnach in die Höhe sträuben und die Decke, zu welcher sie durch die Anziehung des Flaumes geworden sind, undicht machen müsste. Dass dem nicht so ist, sehen wir an jedem doppelhaarigen Thier. Es scheint demnach, dass die Anziehung der Flaumschicht und die natürliche Form und Biegung der Haare stärker ist, als die noch oben wirkende Componente der gegenseitigen Abstossung. Wohl aber kann diese bewirken, dass die Deckhaare in ihrem horizontal verlaufenden freien Ende gleichmässig vertheilt sind, und dadurch in günstigster Weise gegen Regen, Wind und andere Unbilden eine schützende Decke bilden.

Ich hoffe, zu keinen Missverständnissen Anlass zu geben. Es fällt mir natürlich nicht ein, zu behaupten, dass die Haare ihre Stellung und ihre Biegung den elektrischen Ladungen verdanken. Jene ist ihnen angeboren, und ein Pelz, der keine Spur einer Ladung enthält, kann die Haare merklich in derselben Anordnung zeigen. Wohl aber halte ich es für wahrscheinlich, dass die geschilderte zweckmässige Anordnung der Haare durch diese Ladungen gefestigt, dass sie nach Störungen durch dieselben wieder hergestellt werde, und dass letztere im Laufe der phylogenetischen Entwickelung zur Gestaltung der Haare beigetragen haben können.

Bei den Vögeln scheint die Bildung der über dem Flaum liegenden festen Decke noch weiter dadurch gesichert zu sein, dass jede der dachziegelartig übereinander gelegenen Federn vermöge ihrer Ladungen von den oberen und unteren Nachbarfedern angezogen wird. Das in Fig. 3 gegebene Schema zeigt die Federn so weit von einander entfernt, dass ich die Bezeichnung der Ladung einschalten konnte. In Wirklichkeit liegen aber die Federn enge aneinander, nicht nur durch ihre anatomische Anordnung, sondern auch durch ihre Ladungen mit ihren Flächen fest aneinander haftend. Es mag wohl sein, dass hier die Elektricität wesentlich beiträgt, diesen Federpelz nicht nur für Regen, sondern auch für das Schwimmen wasserdicht zu machen.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, daran zu erinnern, dass

gewisse Gewohnheiten der Thiere, z. B. das Schütteln des ganzen Körpers oder die Bearbeitung der Federn mit dem Schnabel, möglicher Weise mit der Erneuerung und Verstärkung der Ladungen zusammenhängt. Manche Wasservögel streichen mit dem Schnabel auf weite Strecken des Körpers gegen das Gefieder; und es möchte wohl nicht alles „Putzen" sein, was man bei den Thieren als solches anzusehen pflegt.

Dass die Schwungfedern durch die entgegengesetzten Ladungen der einander berührenden Flächen besser aneinanderhaften, und dass ihre Strahlen und Aeste hierdurch ein dichteres, der Luft grösseren Widerstand bietendes Gefüge bekommen, wird nicht bezweifelt werden können.

In Bezug auf die hier vermuthete biologische Funktion der ausserordentlich entwickelten Fähigkeit, Ladungen anzunehmen, könnte man das Bedenken hegen, dass dieselben aus den Horngebilden immer sofort durch den Körper des Thieres zur Erde abgeleitet werden. Bis zu einem gewissen Grade ist das gewiss richtig. Bei Pelzen kann man sich überzeugen, dass die ableitende Berührung der noch feuchten oder schon getrockneten Haut einen grossen Theil der Ladung entführt. Es ist aber doch nur ein Theil. Setzt man ein Kaninchen auf den Tisch, oder lässt es in der Hand halten, und fährt einmal streichelnd mit der Handfläche über den Rücken, so wird es dadurch stark elektrisirt. Man überzeugt sich davon am einfachsten, indem man ein mit dem Elektrometer verbundenes Metallblech dem Rücken des Thieres nähert. Diese Ladung verliert es durchaus nicht sogleich wieder, sondern behält sie eine geraume Zeit. So prüfte ich einmal von Minute zu Minute und fand das Thier nach 6 Minuten noch deutlich geladen. Ebenso kann man sich davon überzeugen, dass diese Ladungen nicht rasch an die Luft abgegeben werden: ich setzte ein Kaninchen in meinen Kupferkessel und strich einmal mit der Hand über den Rücken. Es zeigte sofort, und auch noch, als ich später wieder den Kessel mit dem Elektrometer verband, starke positive Ladung.

Ganz gleichartige Resultate erhielt ich bei der Katze, beim Meerschweinchen und beim Menschen. Als ich bei letzterem einmal mit der Hand über das Kopfhaar streichen liess, zeigte es positive Ladung und hielt sie ziemlich fest.

Noch viel schlechter als die Haare leiten die Federn. Hier

kann man, ob sie mit der Haut noch in Zusammenhang sind oder nicht, die Ladungen nach Stunden, unter gewissen Verhältnissen auch nach Tagen noch vorfinden. Dabei konnte ich regelmässig beobachten, dass die negative Ladung des Flaumes noch bedeutend langsamer abgegeben wird, als die positive der Deckfeder.

Ich fasse die Ergebnisse der Untersuchung zusammen.

1. Federn, durch die Luft geschwenkt, werden elektrisch.

2. Flaumhaare und Flaumfedern werden negativ elektrisch, wenn sie an Deckhaaren, bezw. an der Oberseite von Deckfedern scheuern.

3. Deckfedern, sowie die Schwungfedern werden in natürlicher Anordnung aneinander gerieben an der Oberseite positiv, an der Unterseite negativ elektrisch.

4. Wahrscheinlich bewirken diese Ladungen im Leben des Thieres eine zweckmässige Anordnung und Vertheilung des Haar- und Federpelzes, indem sie einerseits durch gleichmässige Vertheilung der zarten Horngebilde eine Schicht von schlechter Wärmeleitung, andererseits eine dichte gegen Wasser und mancherlei Insulten schützende oberflächliche Lage der derberen Horngebilde zu schaffen beitragen.

Ich bin mir dessen bewusst, dass die Prüfung der vorstehenden Sätze an einer grösseren Zahl von Thierspecies wünschenswerth wäre. Es war nicht möglich, mir ein reicheres Material zu verschaffen, ich hoffe aber bald diesem Mangel durch eine weitere Untersuchung abhelfen zu können.

Ueber die Perception der Schallwellen bei den Fischen.

Von

Dr. **Alois Kreidl,**
Assistenten am physiologischen Institute der Universität Wien.

I.

So lange man die einzelnen Theile des Gehörorganes des Menschen und der höheren Säugethiere als aequivalent in Bezug auf ihre acustische Function ansehen musste, war es gewissermaassen selbstverständlich, dass auch jene Organe, welche eine Wiederholung der einzelnen Theile des hoch entwickelten Säugethierohres darstellten oder dem embryonalen Gehörbläschen entsprachen, und welche die vergleichende Anatomie in den verschiedenen Thierreihen von den Säugethieren abwärts als rudimentäre Gehörorgane beschrieb, zum Hören dieser Thiere in Beziehung gebracht wurden. Diesem Umstande ist es auch zuzuschreiben, dass man sich bis dahin entweder mit der Thatsache zufrieden gab, dass die vergleichende Anatomie ein Gehörorgan nachweisen konnte, welchem dann — indem man von Vorstellungen ausging, die am hochentwickelten Säugethier gewonnen worden waren, — ohne weiteres die Fähigkeit zugeschrieben wurde, Gehörsempfindungen zu vermitteln, oder dass man noch weiter ging und sich bemühte, eine Anschauung zu gewinnen darüber, in welcher Weise ein in Bezug auf das Menschenohr mangelhafter Gehörapparat doch im Stande sei, dem Thiere Gehörsempfindungen zu bieten, mit anderen Worten, warum ganze Thierklassen mit einem solchen rudimentären Gehörorgan auskommen können.

Die Sachlage hat sich wesentlich geändert, seitdem man einsehen gelernt hat, dass die Vermittlung von Gehörsempfindungen nur der Schnecke zufällt und die übrigen Antheile des Labyrinthes also Bogengänge und Vorhof keine acustische, sondern vielmehr eine statische Function hätten.

In dem Bestreben, die Berechtigung der ursprünglich für das

Wirbelthierohr (Taube) aufgestellten Hypothese von einem Gleichgewichtsorgan zu prüfen, hat man allmählich fast alle jene Thierklassen herbeigezogen, bei welchen das Gehörorgan hauptsächlich aus jenen Theilen besteht, welchen beim höheren Säugethierohr statische Function zukommt; es hat sich dabei herausgestellt, dass bei vielen Thieren diese Organe thatsächlich — und noch in viel prägnanterer Weise — Gleichgewichtsorgane sind, wobei ihre Rolle bei der Vermittlung von Gehörsempfindungen zum mindesten eine sehr fragliche geworden ist.

Es gibt also jedenfalls zu denken, dass von den Fischen abwärts bei allen Thierklassen die sogenannten Gehörorgane eine Function besitzen, von der man mit grosser Wahrscheinlichkeit sagen kann, dass sie dem Gleichgewichtssinne [1]) zugehöre.

Aus der Zeit, wo man diese Verhältnisse noch nicht genauer kannte, also die „Gehörorgane" der niederen Thiere auch als schallempfindend ansah, stammt blos die Angabe von Hensen [2]), dass Krebse mit diesen Organen Tonwellen wahrnehmen können. Seitdem man jedoch dem Umstande, dass diese Organe vielfach auch Gleichgewichtsorgane sind, mehr Rechnung zu tragen begann, hat man bei niederen Thieren geprüft, ob sie wirklich zu hören vermögen; es stammen aus der letzten Zeit Angaben von Verworn [3]), dass die Ctenophoren kein Gehör haben, von Uexküll [4]), dass das angebliche Gehörorgan der Cephalopoden statischer Function diene und eine Gehörsreaction sehr zweifelhaft sei; auch Lubbock [5]) sagt von dem Gehörorgane der Würmer: „Es ist möglich, dass diese Organe im Grunde genommen mehr dazu dienen, die Bewegungen im Wasser zu empfinden, als zum Hören".

---

1) Ich sage kurzweg „Gleichgewichtssinne", wobei ich es jedoch dahingestellt sein lassen will, ob die durch diese Organe vermittelten Empfindungen bewusste oder nur reflectorisch ausgelöste sind.

2) V. Hensen, Studien über das Gehörorgan der Decapoden (Zeitschrift f. wiss. Zoologie Bd. XIII. S. 319).

3) M. Verworn, Gleichgewicht und Otolithenorgan (Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. L. Bd. S. 423).

4) J. v. Uexküll, Physiolog. Untersuchungen an Eledone moschata IV. Zur Analyse der Functionen des Centralnervensystems. (Zeitschrift f. Biolog. Bd. XXX. N. F. XII. p. 584.)

5) Lubbock, Sinnesorgane der niederen Thiere.

An Fischen sind bis jetzt genauere experimentelle Untersuchungen dieser Art nicht ausgeführt worden.

Wenn man bedenkt, dass bei diesen Thieren das fragliche Organ sicher statische Function hat, so bleibt, bei der Voraussetzung, dass solche Thiere Gehörvermögen besitzen, nur übrig anzunehmen, dass entweder dieses Organ gleichzeitig auch acustische Function besitzt oder dass diese Thiere Schallerregungen in anderer Weise percipiren; oder es ist die Möglichkeit in Erwägung zu ziehen, dass diese Thiere überhaupt keine Gehörsempfindungen haben.

Die Möglichkeit, dass ein solches Organ beide Functionen gleichzeitig besitzen könnte, ist neuerdings wieder in's Auge gefasst worden:

Bethe[1]), der statische Function des Organes zugibt, beobachtete, dass Mysis auch deutliche Gehörreactionen zeige.

Bernstein[2]) hat speciell auf Grund der Angaben Matte's, dass Tauben ohne Schnecke hören[3]), diesem Gedanken Ausdruck gegeben, indem er annimmt, dass auf einer gewissen Entwicklungsstufe das primitive „Gehörbläschen" beide Functionen besitze und dass sich daraus in den verschiedenen Thierreihen offenbar je nach der Wichtigkeit für die Existenz des Thieres und mit Rück-

---

1) A. Bethe, Ueber die Erhaltung des Gleichgewichtes (Biolog. Centralbl. 1894. S. 114).

2) J. Bernstein, Ueber die specif. Energie des Hörnerven etc. (Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. 57. Bd. S. 475.)

3) Matte schliesst aus dem Umstande, dass schneckenlose Tauben auf den Schuss einer Pistole reagiren, darauf, dass sie noch mit dem übrigen Antheil des Labyrinths hören; ob man mit Recht darauf schliessen kann, dass die Taube hört, soll hier unerörtert bleiben. Doch möchte ich an das erinnern, was Sigm. Exner (Physiologie der Grosshirnrinde, Hermann's Handbuch der Physiol. II. Bd.) schon vor Jahren bei Erwähnung der Versuche von Longet und Vulpian über das Hören der grosshirnlosen Tauben — welche auf das Abfeuern eines Gewehres oder das Losschlagen eines Zündhütchens reagirten — hervorhebt. Er sagt daselbst: „Doch ist hierbei zu bemerken, dass starke Schallempfindungen, wie die hier angewendeten, auch mit Tastempfindungen verbunden zu sein pflegen, hervorgerufen durch die grob mechanische Erschütterung, welche die Luftbewegung erzeugt. Damit soll nicht gesagt sein, dass jene Taube nicht gehört habe, sondern nur, dass jenes Experiment nicht beweisend sei."

sicht auf die Lebensbedingungen desselben durch Scheidung einerseits ein Gleichgewichts-, andererseits ein Gehör-Organ entwickelt, je nachdem die Nerven des Organes mit psychischen oder nur reflectorisch wirkenden und unbewusst thätigen Centren in Verbindung treten.

Wenn auch diese Betrachtungsweise als vollkommen berechtigt anerkannt werden muss, so kann doch mit Rücksicht auf das Gesetz der specif. Energie der Sinne, oder mit anderen Worten, mit Rücksicht darauf, dass die durch einen Sinnesnerven in das Centralnervensystem eindringende Erregung sich da nach den angeborenen oder erworbenen „Verwandtschaften" ausbreitet, nicht zugestanden werden, dass im fertigen Individuum die Erregung bestimmter Nervenfasern einmal eine Gehörsempfindung, das anderemal eine Stellungs- oder Bewegungsempfindung hervorruft.

Mit Rücksicht auf diese Verhältnisse schien es mir interessant, speciell bei den Fischen, denen bekanntlich eine Schnecke fehlt[1]) und deren Gehörorgan in den letzten Jahren als Gleichgewichtsorgan[2]) erkannt worden war, zu untersuchen, ob sie ein Gehörvermögen besitzen. Ich war mir dabei der Schwierigkeiten wohl bewusst, diese Frage bei den geistig so niedrig stehenden Thieren zu beantworten; sind ja solche Versuche selbst bei den höchst organisirten Thieren nur mit der grössten Vorsicht und unter besonderen Cautelen ausführbar; doch schien es mir andererseits nicht aussichtslos, auch auf die Fische jene Untersuchungsmethoden anzuwenden, welche bei anderen, noch tiefer stehenden Thierklassen zu positiven Resultaten geführt haben.

II.

Meines Wissens ist bis jetzt die Frage, ob die Fische hören, auf experimentellen Wege zu lösen nicht versucht worden[3]); das,

---

1) Die „Lagena", ein kleiner, knopfförmiger Anhang des Sacculus, ist vielleicht der erste Anfang einer solchen. Vergl. R. Wiedersheim, Grundriss der vergl. Anatomie der Wirbelthiere. 3. Aufl. 1893. S. 349.

2) Vergl. die Arbeiten von Löb, Kreidl, Lee und Bethe.

3) Nachdem diese Arbeit bereits abgeschlossen war, fand ich in dem Bericht über die Jahresversammlung der amerikanischen physiolog. Gesellschaft vom 27. u. 28. Dez. 1894 (siehe Centralbl. f. Physiol. No. 1. 1895) eine kurze Angabe von F. S. Lee, worin es heisst: „Hörfunction scheint den Fischen

was man nach dieser Richtung hin gethan hat, bestand darin, dass man den Beweis für die physikalischen Bedingungen des Hörens zu erbringen suchte; solche Versuche sind insbesondere von Joh. Müller[1]) angestellt worden. Sie liefen darauf hinaus, nachzuweisen, dass sich der Schall im Wasser viel besser fortpflanze, in Folge dessen die Gehörorgane weniger entwickelt zu sein brauchen als bei den in der Luft lebenden Thieren. Aehnliche Versuche, welche die Angaben von J. Müller bestätigen, sind dann später von G. Harless in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie Capitel „Hören“ mitgetheilt worden. Ausser diesen sind andere Versuche nicht ausgeführt worden. Trotzdem findet man in den meisten Lehrbüchern und grösseren Sammelwerken die stereotype Angabe, dass die Fische ein ganz gutes Hörvermögen besitzen. Milne Edwards[2]) sagt ausdrücklich: „En effet, ces animaux entendent bien“ und „on conçoit donc, que chez les poissons l'ouie puisse être très developpée.“

In Brehm's Thierleben VIII. Bd. „die Fische“ finden sich ebenfalls zahlreiche Angaben über die Hörfähigkeit der Fische; auch Schmarda[3]) und Carus[4]) nehmen an, dass die Fische hören können.

Insbesondere findet man in allen den genannten und auch in vielen anderen Werken die Angabe, dass die Fische den Ton einer Glocke und die Stimme ihres Herren vernehmen, auf deren Ruf sie sich zur Fütterung einstellen[5]). Auch findet man sehr häufig die Angabe, dass die Fische beim Fischfang durch verschiedene Geräusche, z. B. durch Schellen, die man an die Netze

---

abzugehen“. Die ausführliche Publication wird jedenfalls näheren Aufschluss über diese meine Befunde bestätigenden Versuche bringen.

1) J. Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen II. Bd. S. 418 und folgende.

2) Milne Edwards, Leçon sur la physiologie comparée XII. 1877.

3) L. C. Schmarda, Der thierische Trieb vom naturwissenschaftlichen Standpunkte. Inaug.-Diss. 1843.

4) C. G. Carus, Vergleichende Psychologie 1866. Wien.

5) Ich habe mich bemüht, diese Angabe, die sich immer wiederholt, und von jedem Autor als feststehend übernommen wird, ihrer Genesis nach zu verfolgen; es ist mir nicht gelungen, nachzuweisen, von wem sie zuerst in die Literatur aufgenommen wurde, doch findet sie sich schon bei Oken, Allgem. Naturgeschichte für alle Stände. Stuttgart 1835.

hängt, durch Trommeln, durch Geschrei etc. angelockt werden. Es gibt noch eine grosse Anzahl solcher Beobachtungen, auf die ich hier nicht näher eingehen will, da sie ja, so wie die eben angeführten, wohl allgemein bekannt sind und in Brehm's Thierleben Erwähnung finden; nicht uninteressant dürfte es sein, wenn ich hier den Bericht Hirschberg's[1]) erwähne, dass die Fische auch von den japanischen Fischern mit Trommeln und bei der Kormoranfischerei in Japan mit Fackeln und Klappern angelockt werden. Allen diesen Angaben, welche wahrscheinlich auf Beobachtungen von Fischern zurückzuführen sein dürften, steht die Thatsache gegenüber, dass die meisten Fische und speciell jene, von denen diese Beweise von Hörfähigkeit berichtet werden, stumm sind, ein Umstand, der jedenfalls zu denken gibt; denn man weiss, dass die Ausbildung des Gehörorgans mit der Entwicklung von Stimmwerkzeugen Hand in Hand geht und dass ein Hören da erfahrungsgemäss unwahrscheinlich erscheint, wo eine Stimmbildung nicht vorhanden ist.

Ich habe nun durch längere Zeit fortgesetzte Untersuchungen über das Hören der Fische — allerdings nur an einer Species — angestellt und will im Folgenden über die dabei gewonnenen Resultate berichten. Ich habe mich darauf beschränkt, blos an Goldfischen diese Versuche auszuführen in der Hoffnung, dass ich einmal Gelegenheit haben werde, diese Untersuchungen auf eine grössere Anzahl von Gattungen ausdehnen zu können. Goldfische habe ich deshalb gewählt, weil sie sich ganz besonders lange in Bassins im Zimmer halten lassen und vor Allem, weil sie keines beständigen Wasserwechsels bedürfen, was das Experimentiren natürlich wesentlich erleichtert. Uebrigens nimmt man allgemein an, dass besonders die Goldfische (Carassius auratus) auf ein Zeichen mit der Glocke herbeikommen; ich hatte also Gelegenheit, auch diese Angabe experimentell zu prüfen.

III.

Die Untersuchungen wurden in folgender Weise ausgeführt; erstens wurde das Verhalten der normalen Thiere gegen acustische Reize verschiedener Art beobachtet; zweitens wurden die Thiere behufs genauerer Beobachtung in den Zustand erhöhter Erregbar-

1) J. Hirschberg, Um die Erde. Leipzig 1894.

keit versetzt und drittens endlich wurden an labyrinthlosen Thieren, welche auch zum Theil in den Zustand erhöhter Reflexerregbarkeit versetzt wurden, Gehörprüfungen vorgenommen[1]).

Zu fast allen diesen Versuchen wurden die Fische in kleine Glaswannen, welche 35 cm lang, 16 cm breit, 16 cm tief waren, gebracht, in welchen sie auch durch längere Zeit gehalten werden konnten, wenn mit ihnen nicht experimentirt wurde; für den Versuch wurde über diese Glaswanne ein Pappendeckel-Kasten gestülpt, welcher eine dem Beobachter abgewendete Langseite der Wanne frei liess. Dieser Wand gegenüber befand sich ein Spiegel, in welchem der Experimentator die Thiere durch ein kleines Fenster in einem Schirm beobachten konnte, ohne gleichzeitig von den Thieren bemerkt zu werden.

In dem Deckel des Kastens befanden sich zwei Oeffnungen; eine kleinere, durch welche man die Thiere direkt beobachten und gleichzeitig füttern konnte, und eine grössere, durch welche die sogleich zu beschreibenden Metallstäbe in's Wasser tauchten, die als Tonquelle dienten.

Die Versuche wurden sowohl während des Tages, als auch am Abend, mitunter auch im verdunkelten Zimmer bei künstlicher Beleuchtung ausgeführt; doch sind, wie ich gleich hier hervorheben will, bei diesen ruhig umher schwimmenden, hier und da nach Futter schnappenden Thierchen nicht jene besonderen Vorsichtsmassregeln nothwendig, die man bei ähnlichen Versuchen bei geistig höher stehenden Thieren auf keinen Fall ausser Acht lassen darf; man thut jedoch gut, auch hier die einzelnen Versuche nicht allzu rasch aufeinander folgen zu lassen, da leicht eine Gewöhnung an derartige Reize eintritt.

Die grösste Schwierigkeit bei solchen Gehörprüfungen an Fischen liegt wohl in dem Umstand, dass man doch gezwungen ist, den Thieren Töne zuführen, die im Wasser selbst entstehen.

Wiewohl die in der Luft erzeugten Tonwellen in das Wasser dringen — wovon sich jeder sehr leicht beim Tauchen unter Wasser selbst überzeugen kann —, so ist doch anzunehmen, dass die im Wasser selbst erzeugten Wellen stärker wirken werden. Ich habe mich deshalb, obwohl ich daneben auch geprüft habe, ob die Thiere

1) Es handelt sich bei allen diesen Versuchen selbstverständlich in erster Linie darum, ob die Thiere auf Töne und Geräusche reagiren.

auf Töne reagiren, die in der Luft gebildet werden, bestrebt, die Versuche in der Weise auszuführen, dass sich die Schallquelle in jenem Medium befand, in dem die Thiere leben.

Nach vielen vergeblichen Versuchen, verschiedene in Ballons eingeschlossene Pfeifen unter Wasser zum Tönen zu bringen, habe ich endlich als die einzig mögliche und leicht ausführbare Methode, im Wasser selbst Töne hervorzubringen, die gefunden, Stäbe, welche in das Wasser tauchten, in Schwingung zu versetzen.

Diese Stäbe — ich habe eine grössere Anzahl von verschiedener Dicke verwendet — werden in folgender Weise befestigt: In die Tischplatte, auf welcher sich die Glaswanne mit sammt dem Pappendeckelkasten befand, waren zwei Eisenstangen eingeschraubt, welche eine horizontal verlaufende Stange trugen; an dieser Querstange wurden die Stäbe mittels Kreuzköpfen so befestigt, dass sie, im Knotenpunkt fixirt, zum Theil in das Wasser tauchten, zum anderen Theile oberhalb der Decke des Kastens zugänglich waren. Der ausserhalb des Wassers befindliche Theil wurde zum Tönen gebracht, und der im Wasser befindliche machte natürlich die gleiche Anzahl Schwingungen, gab also denselben Ton im Wasser. Diese Stäbe wurden entweder mit einem Violinbogen oder electromagnetisch durch eine Stimmgabel von entsprechender Schwingungszahl in Schwingung versetzt. Das Streichen mit dem Bogen geschah hinter dem Schirm, so dass die Thiere es nicht sehen konnten, das Ansprechen durch die Stimmgabel, welche sich in einem Nebenzimmer befand, durch einen Schlüssel, welcher an einem zweiten neben dem Beobachter befindlichen Tische angebracht war.

In dieser Weise hatte ich ein bequemes Mittel, im Wasser selbst Töne von verschiedener Höhe zu erzeugen; zum Hervorbringen von Tönen in der Luft bediente ich mich verschiedener Pfeifen, electrischer Klingeln, grosser Glocken etc.; schliesslich habe ich auch die Einwirkung des groben Schalles untersucht; ich erzeugte denselben durch Ineinanderschlagen der Hände oder durch Abfeuern eines Revolvers [1]).

Ehe ich nun an die Versuche in der oben beschriebenen

1) Bezüglich der Anwendung des Schusses als „Schallquelle" stimme ich mit Ewald überein und verweise ich auf die eingangs gemachte Bemerkung. Seite 452.

Form ging, überzeugte ich mich durch eine grosse Anzahl von Vorversuchen, ob die Goldfische in leicht kenntlicher Weise reagiren. Nähert man sich einem grösseren Aquarium, in welchem sich eine Anzahl von Goldfischen befindet, so fahren sie sofort erschreckt auseinander, wenn sie die betreffende Person sehen; wenn man ohne gesehen zu werden auf das Aquarium ziemlich kräftig klopft, oder auf die Tischfläche, auf der sich das Bassin befindet, kräftig schlägt, so fliehen die Thiere ebenfalls erschreckt davon; schlägt man öfters hintereinander, so reagiren die Thiere nicht mehr.

Zu den eigentlichen Versuchen wurden zwei oder drei Exemplare in die Glaswanne gebracht und zu den verschiedensten Zeiten beobachtet.

Durch zahlreiche, über mehr als $^1/_2$ Jahr fortgesetzte, Versuche habe ich mich überzeugt, dass diese Fische erstens in keinerlei Weise auf Töne reagiren, welche in der Luft erzeugt werden. Weder das plötzliche Erklingen einer über der Wanne angebrachten electrischen Klingel, welche ich absichtlich durch längere Zeit zur festgesetzten Stunde gleichzeitig mit dem Verabreichen von Futter ertönen liess, noch die schrillen Pfiffe verschiedener hoher Pfeifen brachten die Thiere jemals aus ihrer Ruhe. Aber auch auf die im Wasser gebildeten Töne konnte ich niemals irgend eine Reaction der Goldfische bemerken; weder die Variation der Tonhöhe noch der Intensität war von irgend einem Einfluss auf das Verhalten der Thiere.

Blos durch einen plötzlichen Schlag auf die Decke des Kastens war eine deutliche Reaction zu erzielen.

Dieses Verhalten der Thiere gegen Töne konnte noch immer darin begründet sein, dass die Erregbarkeit derselben gegen die erzeugten Druckschwankungen eine sehr geringe war; ich wählte daher den Kunstgriff, wie er übrigens bei solchen Versuchen schon von Hensen verwendet worden war, die Thiere mit Strychnin zu vergiften und so in einen Zustand erhöhter Reflexerregbarkeit zu bringen [1]).

---

1) Die Thiere wurden in der Weise vergiftet, dass sie auf eine kurze Zeit in strychninhaltiges Wasser (1 : 5000) gebracht wurden; nach wenigen Minuten zeigen die Thiere deutliche Symptome von Strychninvergiftung, welche sie, selbst in ein Aquarium mit Wasserwechsel gebracht, durch Tage, ja durch Wochen noch erkennen lassen.

Solche mit Strychnin vergiftete Fische zeigen schon bei der leisesten Berührung des Aquariums, des Tisches, auf dem sich dasselbe befindet, des Bodens oder beim Zuschlagen der Thüre eine krampfhafte tetanische Contraction und schiessen blitzartig durch die Wanne.

Auch die mit Strychnin vergifteten Thiere zeigen nun keine Reaction auf Töne, die in der Luft hervorgebracht werden; bei einem plötzlichen Ton einer grossen Glocke, bei einem plötzlichen schrillen Pfiff bleiben die Thiere so ruhig, als ob nichts geschehen wäre [1]).

Auch durch die im Wasser erzeugten Töne war eine Reaction nicht zu erzielen. Es war ganz interessant zu beobachten, wie die Thiere, die beim Streichen der Stäbe mit dem Violinbogen oder beim Ansprechen mit der Stimmgabel in gar keiner Weise reagirten, bei dem leisesten Betupfen desselben Stabes mit dem Finger oder beim Berühren der Pappdeckelwand krampfhaft zusammenzuckten.

Während man also in dieser Weise keinerlei Reaction nachweisen konnte, war dagegen eine solche zu bemerken, wenn man einen plötzlichen, kräftigen Schall erzeugte. Wenn man sich in die Nähe einer Wanne stellt, in welcher sich unter normalen auch ein vergifteter Fisch befindet und man schlägt recht kräftig die Hände zusammen, so zuckt das vergiftete Thier jedesmal ganz prompt zusammen. Auch auf das Abfeuern eines Revolvers erfolgt ein gleiches Zusammenzucken. Die einzige Reaction, die sich also nachweisen lässt, ist die auf Knall.

Bei dem Umstande jedoch, dass es sich in diesem Falle nicht so sehr um eine Gehörswahrnehmung, als um eine Erschütterung handeln könnte, war noch zu untersuchen, welches von beiden wirklich der Fall ist. Zu diesem Zwecke habe ich den Goldfischen die Gehörorgane beiderseits entfernt und dann mit so operirten Thieren Gehörsprüfungen vorgenommen.

Die Entfernung des Gehörorganes, das frei in der Schädelhöhle liegt, gelingt nach einiger Uebung ziemlich leicht; man entfernt mit der Scheere einen Theil der Schädeldecke und geht dann mit einer feinen Pincette lateral neben dem Mittelhirn in die

1) Zur Controle befand sich im Zimmer ein mit Strychnin vergiftetes Kaninchen; dasselbe bekam bei dem Pfiff derselben Pfeife Tetanus.

Tiefe; man fasst nun einen Bogengang und kann dann auf einen Zug das ganze Labyrinth mit den Otolithen und Gehörnerven herausziehen [1]). Nachdem die Operation ausgeführt, wird die Wunde mit Gelatine gedeckt; dass die Operation gelungen ist, sieht man — abgesehen von der mikroskopischen Untersuchung — daran, dass diese Fische ganz das Verhalten otolithenloser Thiere zeigen, wie es erst jüngst wieder Bethe [2]) beschrieben hat.

Ich kann die Angaben Bethe's vollkommen bestätigen. Die Fische fallen beim Schwimmen von einer Seite auf die andere und schwimmen mitunter auf dem Rücken oder auf der Seite.

Nachdem sich die Thiere erholt hatten, wurden sie dann mit Strychnin vergiftet und zu den Gehörsprüfungen herangezogen [3]). Es zeigte sich nun, dass diese operirten Thiere genau so reagiren, wie die normalen; auch sie zucken krampfhaft zusammen, wenn man kräftig die Hände zusammenschlägt [4]). Nach alle dem bleibt wohl nichts anderes übrig, als anzunehmen, dass man es bei dieser Reaction nicht mit einer Gehörsreaction, sondern mit der einer Erschütterung zu thun hat und dass also auch die mit Strychnin vergifteten Fische, als sie auf einen Knall durchs Wasser fuhren, dadurch keine Gehörsreaction zeigten.

IV.

Aus den vorstehenden Versuchen geht hervor, dass die Fische durch Schallwellen erregt werden, ja dass sie noch deutlich auf

1) Die Operation, die nur wenige Minuten dauert, wurde an dem Thiere ausgeführt, während es frei in der Luft gehalten wurde; das Thior hält sehr leicht so lange ohne Wasser aus. Die extrahirten Bogengänge und Otolithen wurden mikroskopisch untersucht.

2) A. Bethe, Ueber die Erhaltung des Gleichgewichts. II. Mittheilung. (Biolog. Centralbl. Bd. XIV. No. 16. 1897.)

3) Diese Thiere erholten sich schon nach wenigen Stunden; sie überlebten die Operation bis zu 14 Tagen, und wurden während dieser Zeit mehrere Male mit dem gleichen Erfolg zu den Versuchen verwendet.

4) Ich habe mich bemüht, bei diesen operirten Thieren durch Abtragen von grösseren Hirnpartien dieses reflectorische Zusammenzucken zum Verschwinden zu bringen; nach Abtragung des ganzen Grosshirns und von Theilen des Mittelhirns war der Reflex noch vorhanden; man sieht, wie vorsichtig man sein muss mit der Annahme, dass man es mit einer Gehörsreaction zu thun hat.

dieselben reagiren, wenn ihnen das Organ des Bewusstseins (Gehirn) fehlt, in voller Analogie zu den alten Erfahrungen, dass auch enthirnte Vögel auf Schalleindrücke reagiren. Die Frage der bewussten Empfindungen bleibt also hier aus dem Spiele, doch ist mit Sicherheit anzunehmen, dass die beschriebene reflectorische Erscheinung bei Erhaltung des Gehirnes gerade so, wie bei den Vögeln mit einem bewussten Vorgang einhergehen wird.

Suchen wir uns nun aber eine Antwort zu geben auf die gestellte Frage: hören die Fische oder hören sie nicht? dann wird diese Antwort verschieden lauten müssen je nach den Vorstellungen, die man mit dem Begriff „Hören" verbindet.

a) Man kann die Empfindungen, welche die nach den Elasticitäts-Gesetzen sich fortpflanzenden Bewegungen der Luft in einem thierischen Organismus hervorrufen, „Hören" nennen; so sagen wir allgemein, die Heuschrecken locken sich gegenseitig durch ihre zirpenden Rufe an, indem sie mit ihrem am Schenkel angebrachten „Gehörorgan" den Partner hören; ähnliches gilt von den Chordontonalorganen vieler Insecten.

Nach dieser Auffassung müssen wir, was allerdings mit unserem Sprachgebrauch sehr schlecht stimmt, die vibrirende Empfindung, die uns eine angeschlagene Stimmgabel, in der Hand gehalten, an den Fingern verursacht, „Hören" nennen und ebenso müssen wir von der labyrinthlosen Taube, deren Federn, durch eine Schallwelle minimal bewegt, ihr Empfindungen verursachen, sagen, sie höre.

b) Andererseits kann man den Begriff des Hörens an die Vorstellung einer Erregung eines Nervus acusticus knüpfen und sagen: „Hören" nennen wir beim Thier die bewusste Empfindung, welche durch einen dem Hörnerven des Menschen analogen Nerven vermittelt wird. Diese Analogie kann nur durch das anatomische Verhalten gekennzeichnet sein; von diesem Standpunkt aus hören die Insekten nicht, hören auch meine Fische nicht, denn es liess sich in keinerlei Weise eine durch den Nervus acusticus, im weitesten Sinne des Wortes, vermittelte Reaction auf Schallwellen nachweisen.

Meines Erachtens kommt man weniger mit dem Sprachgebrauch in Conflict, wenn man der zweitgenannten Auffassung beipflichtet und sagt, die Fische hören nicht, können aber sehr wohl durch Schallwellen erzeugte Sinneseindrücke empfangen.

Besonders möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dass es mir nicht gelungen ist, auch nur eine Spur einer Empfindung beim Fische zu erzeugen, welche sich der Tonempfindung an die Seite stellen lässt. Für diese ist es characteristisch, dass eine regelmässige Succession gleichartiger Schallwellen eine Nervenerregung hervorruft, welche gleichsam durch Summation entstehend, weitaus grösser ist, als die Erregung, welche jede einzelne der Schallwellen hervorrufen würde. Meine Fische haben sich allen Tönen gegenüber so indifferent verhalten, dass man ein Organ für die Summation der einzelnen Impulse bei ihnen nicht annehmen kann.

Damit soll nicht geleugnet werden, dass bei anderen niederen Thieren Organe vorhanden sind, welche wie unser eigenes Gehörorgan für eine derartige Summation von regelmässig aufeinander folgenden Schwingungen, also für Töne besonders eingerichtet sind; der rhythmische Ruf der Cicaden, Heuschrecken und anderer Insecten, den wir mit dem Namen „Zirpen" belegen, lässt es sogar recht wahrscheinlich erscheinen, dass auch das diesem Rufe adaptirte Sinnesorgan nach dem Princip der Summation fungiren werde.

Wenn ich also auch aus Scheu vor unklarer Nomenclatur bei den Fischen und aus denselben Gründen bei Krebsen und Insecten von einem „Hören" nicht sprechen möchte, so soll das keinerlei Abweisung der ausgezeichneten Untersuchungen bedeuten, welche Hensen[1]), Graber[2]), Lubbock[3]), Nagel[4]) und Andere in ihren verdienstvollen Arbeiten niedergelegt haben.

Es kann nur über die Benennung der Sinneseindrücke eine Differenz obwalten oder sie waltet vielmehr jetzt schon ob, denn Forel[5]) ist auch mit der Bezeichnung mancher der beschriebenen Organe als Gehörorgane nicht einverstanden („Que d'oreilles pour

---

1) Hensen l. c.

2) V. Graber, Die chordontonalen Sinnesorgane und das Gehör der Insecten. II. Physiol. Theil: Ueber das Gehör der Insecten. Archiv f. mikroskop. Anatomie. 21. Bd. 1882.

3) Lubbock, l. c.

4) W. Nagel, Die Sinnesorgane der niederen Thiere. Inaug.-Diss. 1892. Tübingen.

5) Forel, A., Expériences et remarques critiques sur les sensations des Insectes. Deuxième Partie. Recueil zoolog. suisse 4. Bd. 1888. S. 222 bis 226.

de gens si sourds") und sagt, dass mit wenigen Ausnahmen das Gehör der Insecten sich auf Erschütterung der Luft oder des Bodens zurückführen lasse, welche durch die Tastorgane empfunden werden.

Wenn es also richtig ist, dass die Fische durch eine Glocke gerufen werden können, so hören sie die Glocke nicht, wohl aber empfinden sie sie und wenn in neuerer Zeit von Ewald und Wundt behauptet worden ist, dass Tauben auch ohne Gehörorgan, ja selbst mit degenerirtem Gehörnerven zu hören vermögen, so ist bei der bekannten Gewissenhaftigkeit der genannten Forscher nicht daran zu zweifeln, dass sie Tauben vor sich gehabt haben, welche auf Schallwellen reagirten. Es ist aber ebenso sicher anzunehmen, dass sie nicht durch die Nervi acustici, sondern durch andere Nerven ihre Sinneseindrücke empfangen haben; höchstwahrscheinlich durch jene Hautnerven, welche, in Analogie zu unseren Körperhaaren, die leiseste Bewegung einer Feder empfinden lassen. Bei den Fischen hat offenbar die Haut respective die Körperoberfläche die Rolle des Gehörorganes übernommen; speciell im Wasser, das die Schallwellen so gut leitet, kann der Tastsinn die Schallwahrnehmung leicht vermitteln. Eine wesentliche Stütze für diese Annahme wurde in der letzten Zeit von Sigm. Fuchs[1]) erbracht; in seinen Untersuchungen über die Seitenorgane der Selachier hat er gezeigt, dass sie Organe sind, welche die Fähigkeit besitzen, geringe Druckänderungen zu percipiren; bei der Annahme, dass das auch für die Seitenorgane der Fische überhaupt gilt, hätten dieselben demnach reichlich Ersatz für das mangelhaft entwickelte Gehörorgan.

Auch der Umstand, dass die Fische stumm sind, deutet darauf hin, dass die Ausbildung eines Gehörorganes nicht erforderlich war; ein solches gewinnt erst dann eine Bedeutung, wenn es sich um die Unterscheidung besonderer Töne oder das Erkennen der Stimme eines zweiten Individuums oder geschlechtlichen Partners handelt.

Die Thatsache, dass es auch Fische gibt, die Töne hervorzubringen im Stande sind, welche möglicher Weise den Zweck haben

---

1) Sigm. Fuchs, Ueber die Functionen der unter der Haut liegenden Canalsysteme bei den Selachiern. (Pflüger's Archiv f. d. ges. Physiol. 59. Bd. S. 454. 1895.)

können, als Lockmittel zu dienen, lässt immerhin die Möglichkeit zu, dass bei diesen Species bereits eine geringe Ausbildung des Gehörorganes stattgefunden hat; man könnte daran denken, dass vielleicht die „Lagena" oder die „Macula neglecta[1]) diese Functionen übernommen hat.

Wenn ich die Resultate dieser Untersuchung noch einmal kurz zusammenfasse, so hat dieselbe ergeben:

1. dass für die Goldfische ein Hören durch das „Gehörorgan" nicht nachgewiesen werden kann.

2. dass sie jedoch wohl auf Schallwellen reagiren, welche sie aber durch einen besonders entwickelten Hautsinn empfinden.

---

1) Die von G. Retzius beschriebene Macula neglecta liegt dicht am Boden des Utriculus und erhält einen Nervenzweig des Acusticus, welcher sich vom Ramus ampullae posterioris abzweigt. Die „Lagena" wird vom Ramulus lagenae versorgt, einem Ast eines der drei Hauptzweige des N. acusticus, der gleichzeitig zum Sacculus geht. Vergl. R. Wiedersheim l. c.

Der corticale Mechanismus der Reflexphänomene[1]).

Von

Dr. K. Pándi (Budapest).

Die moderne Neurologie ist auf zwei Grundgedanken aufgebaut. 1) Das Gehirn ist der Sitz der Intelligenz. 2) Das Rückenmark, präciser gesagt die subcorticalen Centren, sind der Sitz der Reflexphänomene, welche durch das Gehirn gehemmt werden.

Im Jahre 1766 schrieb Albertus Haller: „In homine cum medulla spinali utcumque compressa et vitiata etiam in collo tamdiu integra mens sit quamdiu supervivitur diximus non posse in ea medulla animae sedem esse.“

Den zweiten Satz (in der citirten Form) hat Setschenow aufgestellt. Er hat nach Entfernung des Gehirns bei Fröschen gefunden, dass die Reflexphänomene erhalten bleiben, sogar erhöht werden. Er ist der Begründer der Lehre, nach welcher sich im Gehirn Hemmungsmechanismen für die Funktionen des Rückenmarks befinden.

Pflüger war der erste, der seine Stimme gegen den ersten Satz erhob. Er wies nach, dass nach Entfernung der Rindencentren das Rückenmark noch höchst komplicirte Funktionen zu leisten vermöge, welche eine vollständige Analogie mit den Gehirnfunktionen darbieten. — Goltz und seine Schüler, verdienstvolle Forscher auf dem Gebiete der Nervenphysiologie, beschrieben später, dass hirnlose Thiere unleugbare Zeichen von Intelligenz zeigen. Die hirnlosen Frösche Steiner's, die Fische Schrader's fangen Fliegen, eine Taube von Schrader erschien auf den Pfiff des Wärters und folgte ihm wie ein Hund durch das ganze Haus, andere trieben sich mit deutlichen Zeichen des Werbens lebhaft girrend im Zimmer herum; der Hund ohne Grosshirn lernte von neuem gehen, schlucken und die komplicirtesten Bewegungen auszuüben. Es ist also experimentell festgestellt, dass in den subcor-

---

1) Eine ausführlichere Betrachtung dieser Frage mit Litteraturübersicht siehe im Aufsatze des Verfassers: „Le mécanisme cortical des phénomènes réflexes.“ Paris. Steinheil 1895.

ticalen Centren (Rückenmark) die Compensation höchst komplicirter Associationsvorgänge des Gehirns sich entwickeln kann. Der Satz Hallers hat seine Giltigkeit verloren.

Kann man aber auch den zweiten Satz, dass die Reflexfunktionen ihre Centren im Rückenmark haben müssen, und dass sich im Gehirn und überall im Nervensystem stufenweise übergeordnete, oder in Zellen zerstreute Hemmungsmechanismen befinden, sicher behaupten?

Es war auch in dieser Frage die Goltz'sche Schule, welche dazu beitrug, die alte Lehre umzustürzen- und durch eine andere für die Klinik und für die ganze Nervenlehre brauchbarere zu ersetzen.

Diese Monate und Jahre lang ausgedehnten Beobachtungen lehrten, dass die Reflexe der gelähmten Körperhälfte (deren Grosshirnhemisphäre entfernt worden war) viel verlangsamter, schwächer und weniger zweckmässig erscheinen als jene der gesunden Seite. Die Schriften von Goltz, Schiff, Schrader, Luciani, Ferrier, Munk etc. enthalten eine Fülle von Beispielen, welche bestätigen, dass das Gehirn nicht nur nicht hemmt, sondern sogar die Reflexfunktionen befördert. — Das gleiche wurde auch von klinischer Seite bestätigt; wir wissen nach den Mittheilungen von Jastrovitz, Rosenbach etc., dass die Hautreflexe an der hemiplegischen Seite Monate, selbst Jahre lang fehlen. — Somit hat man den Satz aufgestellt (Jendrássik 1886, 1894; Geigel 1892), dass die Hautreflexe corticalen Ursprungs seien. Dasselbe trifft auch für die Schleimhautreflexe zu. (Erschwertes Schlucken bei Hemiplegie; die Hunde von Goltz haben erst nach Monaten wieder von selbst schlucken können.) Für die genitalen Funktionen verlegt Goltz selbst das wichtigste Centrum in das Gehirn: „Das Centralorgan des Geschlechtstriebes hat seinen Sitz in den Hemisphären des Grosshirns.“ Derselbe Autor sagt: „Wenn ein Kind z. B. durch eine Erregung der höheren Sinnesnerven in Angst oder Schrecken versetzt plötzlich Harn lässt, so handelt es sich offenbar um einen Reflex, dessen Bahn durch das Gehirn gehen muss.“

Die bisher erwähnten Reflexe gehören zu den schwachen, langsamen Reaktionen, welche durch Summation der Reize entstehen, wir müssen nun sehen, ob die starken, raschen

Reflexformen wie die Sehnenreflexe und die Pupillenreaktion subcorticale oder ebenfalls corticale Wege durchlaufen.

Bei der gewöhnlichen Hemiplegie fällt uns auf und ist bisher unerklärt, dass die Hautreflexe Jahre lang fehlen, während die Sehnenreflexe gesteigert sind. Strümpell hebt die Schwierigkeiten in dem Verständniss dieser Thatsachen hervor: „Man nimmt gewöhnlich an, dass durch cerebrale Erkrankung für die Sehnenreflexe gewisse Hemmungen wegfallen, während umgekehrt die Hemmungen für die Hautreflexe in einen Reizzustand versetzt werden sollen ...... das Gezwungene und Unbefriedigende dieser Erklärung liegt auf der Hand."

Die Sache ist jedoch leichter zu verstehen, wenn wir frische Fälle von Hemiplegie betrachten. Es ist schon im Jahre 1875 von Westphal beobachtet worden, dass bei frischen Apoplexien die Sehnenreflexe der gelähmten Seite ausbleiben oder schwächer als an der gesunden Seite erscheinen. Andere, Gowers etc. bestätigen diese Beobachtung.

Es kann also der Satz aufgestellt werden, dass bei Durchtrennung der corticalen Wege die Sehnenreflexe und ebenso die Haut und andere Reflexe und die willkürlichen Bewegungen ausbleiben. In dem Grade als die letzteren zurückkehren, erscheinen wieder sämmtliche Reflexphänomene. (Zuerst die Sehnenreflexe als starke, rapide Reflexformen und erst später die Hautreflexe als schwerer auslösbare Formen.)

Bei Fällen von alter Hemiplegie ist der corticale Weg schon hergestellt, eine corticale Reflexleitung ermöglicht, — wenigstens für die Sehnenreflexe; — die Steigerung derselben werden wir an einer unten folgenden Stelle erklären.

Eine vollständige Durchtrennung der corticalen Bahnen, wie sie in den erwähnten Fällen vorausgesetzt ist, kommt aber thatsächlich nur selten zu Stande, da selbst in der inneren Kapsel eine Reihe von Fasern durch die Laesion nicht getroffen werden. Anders sind die Verhältnisse in den tieferen Stellen, namentlich im Rückenmark, denn hier sind die Leitungsbahnen auf einen so geringen Raum zusammengedrängt, dass selbst geringfügige Laesionen vollkommene Aufhebung der Leitung nach sich ziehen können.

Die Physiologen fanden so zu sagen ohne Ausnahme, dass nach Durchschneidung des Cervicalmarks alle Reflexphänomene von tiefer gelegenen Stellen fehlten. Eine Menge entsprechender klinischen Fälle ist ebenfalls veröffentlicht worden (Kadner, Weiss, Bastian, Schwarz, Bruns, Bowlby, Thorburn, Babinski). In allen diesen Fällen von vollständiger Durchtrennung des Rückenmarks bestand gleichzeitig eine absolute Atonie. In dem Falle von Bruns fehlten alle Reflexphänome 4 Monate lang, in jenem von Egger[1]) (Archiv für Psychiatrie 1895) 11 Jahre lang, ohne dass man im Reflexbogen eine zur Erklärung verwerthbare Veränderung fand. — Weder Shock noch die Hemmungstheorien von Setschenow oder die von Goltz können diese Fälle erklären, — nur ein einfaches, ungezwungenes Raisonnement macht dieselben verständlich, nämlich dass der Reflexweg durch das Gehirn läuft und die Durchtrennung desselben eine Auslösung der Reflexe unmöglich macht.

Wie kann man aber den Fall von Gerhardt (Deutsche Zeitschrift für Nervenheilkunde 1894) verstehen, wo nach anatomisch nachgewiesener, vollständiger Durchtrennung des Rückenmarks die Reflexe doch hochgradig gesteigert waren. Man fand in diesem Fall bei der Autopsie ein Angiosarcom im Cervicalmark. Ich bin der Meinung, dass der lokale Reiz, der durch die Pulsation fortwährend hervorgerufen wurde, eine abnorme Leitung durch die Collateralen ermöglichte, — obwohl die Hauptleitung der Reflexe unter normalen Verhältnissen den corticalen Bahnen zufällt.

Ebenso lässt sich die Beobachtung bei Enthaupteten, sowie das Thierexperiment, wo die Sehnenreflexe trotz Durchschneidung der corticalen Wege vorhanden waren, erklären. Niemand wird es bezweifeln, dass das Gehen der Hunde, das Schwimmen der Wasservögel durch einen corticalen Mechanismus zu Stande komme, und doch liefen die Hunde Goltz's nach Entfernung des Grosshirns und schwammen die geköpften Enten von Tarchanoff[2]) (Societé de biologie. C. rend. hebd. 21. juin 1895). Der unge-

1) Mit Ausnahme des Schmerzreflexes.

2) Tarchanoff fasst die Erscheinungen ebenfalls als Reizsymptome auf. — Die corticale Theorie der Epilepsie schliesst ebenso nicht aus, dass in abnormen Fällen z. B. bei geköpften Thieren subcorticale Reflexkrämpfe entstehen können.

störte Ablauf dieser komplicirten Bewegungen dauerte aber nur eine kurze Zeit, so lange wie die Reizung bestand, und man konnte später nur plumpe und unbeholfene Bewegungsformen beobachten. Bei allen diesen Operationen ist der Reiz unvermeidlich. Setschenow selbst, der bei Fröschen die Erhöhung der Hautreflexe — eine heute schon allgemein auf corticalen Mechanismus zurückgeführte Reflexform — nach Entfernung der Hirncentren beschrieb, sagt: „Man beobachtet ausserdem sehr häufig eine gewisse Steifheit in den Muskeln des Thieres nach der Durchschneidung des Thalamus" (Physiologische Studien über die Hemmungsmechanismen 1863, S. 15). Simonoff, der die Hirncentren durch eingesenkte Nadeln zerstörte, fand dabei eine Erhöhung der Reflexphänomene und schloss daraus, dass auch im Gehirn der Säugethiere Hemmungscentren sich befinden. — Mit gleichem Recht könnte man behaupten, dass im Schwanz (sit venia verbo) dieser Thiere Hemmungscentren sich befänden, — denn eine Erhöhung der Reflexe wird man unmittelbar nach einer Laesion eines jeden peripheren Körpertheiles beobachten können. Ich kann an dieser Stelle wiederholt betonen, was die neue physiologische Forschung nachgewiesen hat, nämlich: „dass das Gehirn nicht nur nicht hemmend, sondern vielmehr befördernd auf Reflexfunktionen einwirkt." Alle die Reaktionen erwachsener Thiere sind rascher, stärker, den Zwecken des Organismus mehr entsprechend, als die Reaktionen der Thiere mit unvollständig entwickelten corticalen Wegen.

Eine besondere Beachtung gebührt unter den raschen Reflexformen der Pupillenreaktion. Ihre Lokalisation ist noch schwieriger als die der Sehnenreflexe. Henschen erwähnt einen Fall, wo anscheinend in Folge einer corticalen Laesion die Pupillenreaktion verschwand. Hitzig beschrieb Pupillenstarre bei einem Hunde in Folge der Laesion des Occipitallappens. — Noch beweiskräftiger erscheinen mir die folgenden Beobachtungen. — Ferrier weist in seinen Vorlesungen darauf hin, dass in epileptischen Anfällen jene Pupille, an deren Seite heftigere Convulsionen stattfinden, enger als die an der anderen Seite ist. — Dieselbe Erscheinung finden wir bei Chorea an der Seite, wo die Bewegungen in stärkerem Grade ausgeprägt sind (Gowers).

Die motorischen Erscheinungen bei der Epilepsie sowie bei der Chorea stammen, wie es allgemein angenommen ist, aus der Hirnrinde; ich finde keinen Anlass, ein Theilsymptom dieser Anfälle, wie es das eben erwähnte Verhalten der Pupille darstellt, irgendwo andershin zu lokalisiren als die übrigen motorischen Symptome, nämlich in die Hirnrinde.

Gowers und Westphal fanden, dass nach epileptischen Anfällen, wenn eine vorübergehende Hemiplegie entsteht, die Haut- und Sehnenreflexe an dieser Seite fehlen und mit Verschwinden der Hemiplegie wieder zurückkehren. — Umgekehrt besteht nach Beevor an der Seite, wo die spastischen Phänomene überhand genommen haben, mit gleichzeitiger stärkerer Contraktion der Augen- und Kopfmuskel (postepileptic conjugate deviation of the eyes and head) eine Erhöhung der Haut- und Sehnenreflexe. — Es wird schwer sein, in diesen Fällen die erwähnte Pupillenveränderung in die Gegend der Vierhügel, das Ueberwiegen der anderen Funktionen (Contraktion der äusseren Augenmuskel) des Oculomotorius in die Hirnrinde zu lokalisiren.

Durch diese Angaben scheint es mir in hinreichender Weise begründet zu sein, dass die Reflexphänomene des intakten Organismus, sowohl die rapiden als die langsamen Reaktionsformen, durch die Hirnrinde zu Stande kommen; dem gegenüber konnte ich keine einzige physiologische oder klinische Thatsache finden, welche in einwandfreier Weise darlegt, dass die subcorticalen Verbindungen ohne abnorme Reize Reflexe oder auch nur einen Tonus zu vermitteln im Stande seien.

Die scheinbare Differenz im Verhalten der Sehnen- und Hautreflexe bei der Hemiplegie ist in der folgenden einfachen Weise zu erklären. Die Nervenleitung kehrt in allen diesen Fällen in sehr kurzer Zeit zurück, in erster Reihe doch in jenen Bahnen, wo die normale Leitung am häufigsten und leichtesten geschieht. — Diese am leichtesten gangbaren Bahnen sind die corticalen Verbindungen der sensiblen und motorischen Muskelnerven — indem sie bei allen unseren Bewegungen in Aktion treten. — Diesem Weg folgt der Sehnenreflex, welcher nichts anderes ist als eine momen-

tane Erregung von sensiblen Muskel- oder Sehnennerven, übergeführt auf die motorische Bahn. Somit kehren bei einer Hemiplegie bei Wiederherstellung der Leitung zuerst — wie es schon oben erwähnt wurde — die am leichtesten auslösbaren Sehnenreflexe zurück. — In den meisten Fällen können wir beim Wiedererscheinen der Reflexe auch die Gangbarkeit des corticalen Weges nachweisen, indem schon Spuren der willkürlichen Bewegung und der Sensibilität vorhanden sind. Doch kann der Sehnenreflex das erste Zeichen der Leitungswiederherstellung sein.

Erst später erscheinen wieder die Hautreflexe, indem diese auch in normalem Zustande viel schwerer, nur wie es wohl bekannt ist, mittelst Summation des Reizes hervorzurufen sind. — Andererseits ist auch der Bewegungseffekt dieser Reflexformen viel geringer. Die Bahnen sind nicht so eingeübt wie bei dem Muskelreflex. — (Die Hautreflexe der Thiere sind mehr geübt, deshalb stärker, prompter.)

Die Steigerung des Sehnenreflexes bei alter Hemiplegie geht parallel mit den frühzeitig erschienenen, doch mangelhaft associirten corticalen Bewegungen. Wenn die Ausbreitung des Reizes in den feinen Associationsfasern der Hirnrinde nur in unvollständiger Weise geschehen kann, so entsteht in den Hauptwegen der Leitung eine verhältnissmässig grössere Wirkung. (Die Erklärung der Hemmungsfunktion des Gehirns von Schiff, Herzen, Ferrier.) Der Effekt dieser Wirkung ist die Hypertonie und die Steigerung der Sehnenreflexe.

In derselben Weise entsteht auch die Contraktur der Hemiplegischen, ebenso die der Hysterischen, wie es Jendrássik bezüglich der letzteren schon im Jahre 1886 behauptet hat. — Schon Hitzig (1874) denkt daran, dass die hemiplegische Contraktur corticalen Ursprungs sein könne. Ein thatsächlicher Beweis liegt vor in der lokalisirten Laesion des Gehirns. Die häufigste Erklärung der Contrakturen aus einer Entartung der Seitenstränge kann die Contrakturen, welche mit dem hemiplegischen Anfall gleichzeitig beginnen (sogenannte Frühcontracturen) sowie die hysterischen Contracturen nicht erklären.

Der Sehnenreflex ist nur ein „ad hoc" Zeichen des in dieser Weise erhöhten corticalen Tonus; in dem Maasse als die Associationen in der Hirnrinde mehr ausgebreitet, die willkürlichen Bewegungen geschickter, feiner werden, bleibt ein geringerer Theil

der Erregung für die centrifugalen Wege übrig; die Hypertonie, die Steigerung der Sehnenreflexe und die Contractur hören auf.

Der specifische Associationsmechanismus der Hirnrinde ist aber nicht nur in den willkürlichen Bewegungen, sondern auch an den Sehnenreflexen sichtbar. Man kann besonders bei Hunden sehr gut beobachten, dass der Patellarreflex (sowie die übrigen) durch die vereinigte Zusammenziehung aller Oberschenkelmuskel entsteht, und zwar geschieht diese Vertheilung der Kraft in einer solch feinen und harmonischen Weise, wie es durch die Rückenmarksleitung (durch Experimente festgestellt) niemals zu Stande kommen kann. Wenn man das Rindencentrum der einen Hinterpfote entfernt, so wird der Bewegungseffekt des Patellarreflexes schwach, ungeordnet, astatisch. Es ziehen sich bloss die unmittelbar durch den Schlag gereizten vorderen Oberschenkelmuskel zusammen, ohne Mitbetheiligung der hinteren und lateralen Gruppe. Die nachfolgende stärkere Zusammenziehung der Flexoren, welche normalerweise immer eintritt, bleibt aus[1]), der Unterschenkel fällt kraftlos, schlaff zurück.

Der grössere Reflexausschlag ist durch das Ausbleiben der associirten Zusammenziehung der hinteren und seitlichen Oberschenkelmuskel bedingt, die Kraft der ganzen Bewegung ist aber viel geringer, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man beide Hinterpfoten in eine Hand nimmt und jetzt die beiderseitige Reflexkraft vergleicht. — Die Stärke der Reflexbewegung ist in Folge der Rindenlaesion in derselben Weise vermindert als die der willkürlichen Bewegung. — Die beschriebenen Veränderungen wurden 3 Wochen lang bei einem Hunde beobachtet.

Denselben krankhaften Bewegungstypus wie bei den Sehnenreflexen finden wir auch in den willkürlichen Bewegungen Hemiplegischer. — Der Kranke hebt seinen paretischen Arm höher als der Zielpunkt seiner Bewegung ist — er kann die Antagonisten nicht in associirter Weise anwenden —, den herabfallenden Arm kann er ebenfalls nicht in entsprechender Weise festhalten, — der Arm fällt schlaff, kraftlos zurück und bewegt sich von eigenem Gewichte getrieben von vorne nach hinten wie ein Pendel. Goltz beschrieb

1) Dieser Mechanismus des normalen Patellarreflexes des Menschen ist nach graphischen Aufnahmen schon früher von Lombard beschrieben worden.

dieselbe Bewegungsanomalie bei einem Hunde in Folge der Rindenlaesion.

Die Hautreflexe rindenloser Thiere zeichnen sich ebenfalls durch Mangel der Associationswege aus. So erwähnt Marshall Hall schon im Jahre 1830, dass die Reaktionen der Frösche nach Durchtrennung des Rückenmarks ganz eigenthümliche Bewegungsformen darbieten. Sanders-Ezn macht die feine Beobachtung, dass bei geköpften Thieren die Abwehrbewegung die Stelle des Reizes nicht trifft. Gergens fand bei Hunden dasselbe: „Nicht immer trifft die Pfote die gereizte Stelle .... auch bei Fröschen war damit zu viel gesagt, dass die gereizte Stelle erreicht würde ..... auffallend ist die Zwecklosigkeit.“ Cayrade sieht ähnliche Anomalien bezüglich des Schwimmens solcher Frösche. Und Goltz selbst erzählt von Thieren, deren Gehirn verstümmelt worden war: „dass nun sehr deutlich die Figur eines französischen accentus circumflexus auf dem Rücken zur Anschauung kam. Das Thier beantwortete jedes Stechen der Haut, jeden Flohbiss mit einer und derselben maschinenmässigen Kraftbewegung, die nicht mehr durch den Ort des Reizes regulirt wurde, und deshalb stets dieselbe Hautstelle bearbeitete.“ Alle die Bewegungen dieser hirnlosen Thiere waren plump und unbeholfen.

Diese abnormen und zum Leben des Gesammtindividuums unzureichenden Reflexformen zeigen den Mangel der corticalen Bahnen, mittelst welcher im Laufe der Entwickelung Reiz und Reaktion zu einander geordnet werden und harmonische zweckmässige Bewegungen sich ausbilden. — Eine ähnliche, viel lockere und geringwerthigere Zusammenfügung der Nervenvorgänge entwickelt sich wohl auch im Laufe der Zeit bei hirnlosen Thieren in den subcorticalen Centren, diese Funktionen bleiben aber immer nur ein Zerrbild der Leistung des Gehirns.

Schaffer hat vor drei Jahren in der psychiatrischen und Nervenklinik von Prof. Laufenauer mit exakten Versuchen nachgewiesen, was Jendrássik vom theoretischen Standpunkte aus schon im Jahre 1886 behauptete, dass die Reflexe während der Hypnose nur corticalen Ursprungs sein können. Ich habe in der erwähnten Zeit Schaffer in seinen hypnotischen Experimenten assistirt und so musste sich mir der Gedanke aufdrängen, dass die Reflexwege auch in normalem Zustande nicht andere sein können

als während der Hypnose. Die Erforschung dieser Frage, sowie die experimentellen Resultate ergaben, dass die Leitung aller Reflexe durch die Hirnrinde nicht nur eine Thatsache, sondern ein physiologisches Postulat sei, und zwar wie es mir scheint, nicht nur für die höheren Classen, sondern für das ganze Thierreich, das nur differencirtes Nervensystem besitzt.

Heubel (1877) findet: „dass bei hypnotisirten (!) Fröschen das Gehirn ungleich abhängiger als alle übrigen Centren von der Zufuhr äusserer, durch centripetale Nerven vermittelte Erregungen ist." (Ueber die Erregbarkeit des wachen Gehirnzustandes. Pflüger's Archiv XIV, 158, 1881.)

Danilewsky kommt aus ähnlichen Versuchen zum folgenden Schluss: „Die enthirnten Frösche verhalten sich zur allmähligen Anhäufung sowohl der inneren als der äusseren Reize viel weniger empfindlich als die normalen (Beiträge zur Lehre vom thierischen Hypnotismus, Pflüger's Archiv, XXIV 1891).

Loeb sah bei entzweigeschnittenen Würmern, dass beide Theile sich regenerirten, nur geschah das viel rascher und vollkommener an dem Theile, welcher mit dem proximalen Ganglion in Zusammenhang blieb, als im hinteren Theile, in welchem bloss subordinirte Nervenganglien enthalten waren.

Diese Beobachtungen beweisen, dass die Nervenleitung auch für die Reflexfunktionen durch den proximalen Theil des Nervensystems am leichtesten und zweckmässigsten geschieht[1]).

---

1) Man spricht häufig von Rückenmarksthieren, wie z. B. die Schlangen oder der Amphioxus. Ich glaube doch, dass bei allen den Thieren, wo der Körper sich in der Längsrichtung entwickelt hat, der proximale Theil des Nervensystems eine mehr differencirte und leichtere Leitung als die distalen besitzt. — Wie mangelhaft die künstlichen Rückenmarksreflexe der Schlangen sich gestalten, das zeigt sehr schön die Beobachtung von Osawa und Tiegel: dass der Hinterkörper enthirnter Schlangen sich wohl um den vorderen windet, aber ebenso um ein Stück glühender Kohle. — Die erwähnten trophischen Reflexe von Wurmtheilen, die das proximale Ganglion nicht besitzen, sind für das Leben des Individuums ebenso unzureichend wie die Reflexe der enthirnten Schlangen. Die geringere Entwickelung des Gehirns bedeutet nur die geringere Zahl der Associationsvorgänge, nie aber das Uebergewicht der Funktionen des Rückenmarks.

(Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.)

Beiträge zur Mechanik der Athmung.

Von

Dr. **Fr. Schenck.**

Mit 7 Abbildungen.

Wenn man einen Menschen ganz in eine plethysmographische Vorrichtung, d. i. unter einen grossen Blechsturz bringt, dessen Binnenraum mit einem Volumschreiber verbunden ist und der im Uebrigen luftdicht nach aussen abgeschlossen ist, so giebt der Volumschreiber bei ruhiger Athmung der Versuchsperson regelmässige Volumschwankungen des Binnenraumes entsprechend der Athmung an, und zwar eine Vergrösserung des Volums bei Inspiration und eine Verkleinerung bei Exspiration. Diese Volumschwankungen können durch Folgendes bedingt sein:

1. Druckänderungen der Lungenluft bei der Athmung,
2. Veränderungen der Temperatur der Lungen- und Kastenluft,
3. Druckänderung im Abdomen und dadurch bedingte Volumänderung der Darmgase.

Die im Folgenden mitgetheilte Untersuchung soll die Frage entscheiden, wie gross der Antheil jedes der drei aufgeführten Momente am Zustandekommen des Phänomens ist.

Zu der Untersuchung wurde ich veranlast durch meine Controverse mit L. Hermann über die Bestimmung der Residualluft. In unserer Discussion wurde gelegentlich die oben gestellte Frage berührt, die mit unserer als abgeschlossen zu betrachtenden Discussion über die Residualluft direct nichts zu thun hat. Ich hatte die Ansicht geäussert, dass die Temperaturänderung der Athmungsluft die grösste Rolle spiele. Diese Ansicht weist Hermann schroff zurück, er wirft mir einen physikalischen Irrthum vor, weil „Mischung verschieden temperirter Gase die Volumsumme unverändert" lasse. Hermann selbst ist geneigt, in den Druckänderungen der Lungenluft den Hauptfactor zu suchen; er giebt an,

dass er den entsprechenden Versuch am Kaninchen in seinem Praktikum zur Demonstration der Druckänderungen zeige. Die Gründe, die mich dazu veranlasst haben, die Frage experimentell zu entscheiden, sind folgende:

1. Meiner Auffassung liegt die Ansicht zu Grunde, dass die inspirirte Luft schnell auf Körpertemperatur erwärmt wird und dass ein erheblicher Unterschied in der Wärmeabgabe seitens der Luftwege bei Inspiration und Exspiration besteht. Mit der Entscheidung unserer Frage wird zugleich die Frage entschieden, ob die Grundlage meiner Ansicht richtig ist oder nicht, und ob Hermann Recht hatte, mir einen physikalischen Irrthum vorzuwerfen.

2. Wenn der beschriebene Versuch weiter als Praktikums-Versuch zur Verwendung kommen soll, wird es nöthig sein, sich darüber Klarheit zu verschaffen, was der Versuch eigentlich zeigt und beweist.

Die Ueberlegungen, die mich zu meiner Ansicht geführt haben, habe ich früher nur ganz kurz gestreift, weil ich glaubte, die Angaben, auf denen sie beruhen, seien so gesichert und bekannt, dass jeder Fachgenosse leicht und ohne Weiteres zu derselben Ansicht kommen müsse. Aus der Thatsache, dass ein Forscher von der Bedeutung Hermann's Einspruch gegen meine Auslegung erhebt, entnehme ich aber, dass dem nicht so ist. Es wird mir desshalb wohl gestattet sein, meine Ueberlegungen in extenso wiederzugeben.

Von dem Zeitpunkt ab, wo die Versuchsperson sich in den Kasten gesetzt hat, nimmt zunächst die Temperatur der Kastenluft in Folge der Wärmeabgabe von Seiten des Körpers zu, in Folge dessen wird aber auch Wärme von dem Kasten an die umgebende Luft des Zimmers abgegeben. Die Temperatur der Kastenluft bleibt erst annähernd constant, wenn in gleichen Zeiten die Wärmeabgabe des Körpers an die Kastenluft gleich der des Kastens an die Zimmerluft ist. Der Temperaturänderung entsprechen Volumänderungen der Kastenluft, die durch den Volumschreiber angegeben werden. Ist der Gleichgewichtszustand erreicht, so bedingt eine Vermehrung der Wärmeabgabe des Körpers Zunahme der Temperatur, mithin des Volums der Kastenluft und umgekehrt Verminderung der Wärmeabgabe Abnahme des Volums. Aber auch ehe der Gleichgewichtszustand erreicht ist, können sich schon Vermehrung oder Verminderung der Wärmeabgabe des

Körpers in der Volumcurve documentiren durch Veränderungen in der Steilheit des Anstiegs oder auch hier schon durch Sinken der Curve bei verminderter Wärmeabgabe.

Ich behaupte nun, dass die Wärmeabgabe des Körpers bei der Inspiration und bei der Exspiration nicht gleich ist, aus folgenden Gründen. Nach den Versuchen von Valentin und Brunner hat die Ausathmungsluft bei 15—20° C. des umgebenden Mediums eine Temperatur, die „etwa den Durchschnittswerth der Eigenwärme unserer inneren Körpertheile hat"[1]), also mindestens 37°. Es kann daher während der Ausathmung keine Wärme von der Lungenoberfläche an die Lungenluft abgegeben werden. Bei der Inspiration findet aber eine erhebliche Wärmeabgabe von Seiten der Lungenoberfläche statt, weil die inspirirte Luft von Zimmertemperatur auf Körpertemperatur erwärmt werden muss. Es ist also thatsächlich die Wärmeabgabe bei der Inspiration grösser als bei der Exspiration und es wird sich nun weiter fragen, von welchem Betrage die dadurch bedingten Volumschwankungen sein können. Setzen wir die Kastentemperatur im Mittel 20° — in meinen Versuchen stieg meist während eines Versuches die Temperatur des Kastens von etwa 17—22,5° —, dann beträgt die Zunahme des Volums der eingeathmeten Luft durch die Temperaturerhöhung und die damit verbundene Vergrösserung der Wasserdampfspannung rund 10%, oder für eine Respirationsluft von 500 ccm rund 50 ccm. In meinen Versuchen betrugen nun die Volumschwankungen ungefähr 50 ccm, zuweilen etwas mehr, zuweilen weniger. Diese Ueberlegung zusammen mit meiner Beobachtung haben mich schon früher zu dem Ausspruch veranlasst[2]): „Die Volumänderungen in den in Rede stehenden Versuchen sind von solcher Grösse, dass sie recht wohl durch die Temperaturänderungen allein bedingt sein können."

Beiläufig möchte ich hier auf einen Punkt eingehen, der zu Missverständnissen Anlass geben könnte. Ich habe früher angegeben, dass die Volumschwankungen gering seien, das sollte heissen gering im Vergleich zu den bei Bestimmung der Residualluft erhaltenen Volumschwankungen. Hermann meint, dass die Schwankungen bei mir „sehr schwach" gewesen seien, weil der Behälter sehr viel Luft enthalten habe. Er irrt in diesem Punkte, weil der Volumschreiber in meinen Versuchen immer denselben Ausschlag bei

---

1) Valentin, Lehrbuch d. Physiol. 1847. I. S. 533.

2) Dies Archiv Bd. 59. S. 556.

gleicher Volumänderung angeben musste, einerlei, ob der „schädliche Raum" gross oder klein war. Hermann verwechselt offenbar meine Versuchsanordnung mit derjenigen seines Praktikumsversuches: Wenn man, wie Hermann, den Pantographen zur Registrirung verwendet, erhält man nämlich keine Volumcurve, sondern eine Druckcurve, und letztere ist allerdings in diesen Versuchen ceteris paribus um so kleiner, je grösser der schädliche Raum.

Die Grösse der Volumschwankung, die durch die Druckänderung der Lungenluft bedingt sein kann, lässt sich in folgender Weise berechnen: Die Druckänderung beträgt zweifellos nur wenige Millimeter Quecksilber. Nach den Angaben Aron's[1]), der den intrapleuralen Druck am lebenden Menschen gemessen hat, betragen die respiratorischen Druckschwankungen im Pleuralraum weniger als 3 mm Hg. Nun beträgt das Gesammtvolum der Lungenluft bei ruhigem Athmen (Residualluft + Reserveluft + $^{1}/_{2}$ Respirationsluft) im Mittel etwa 3 Liter, nach Hermann sogar weniger wegen seines niedrigeren Werthes für die Residualluft. Würde dieses Volum die von Aron angegebene Druckänderung erleiden, so ergäbe sich eine Volumschwankung von etwa 12 ccm bei 760 mm Hg Barometerstand. Dabei ist aber noch zu berücksichtigen, dass in den oberen Luftwegen die Druckschwankung geringer ist, als im Pleuralraum, dass also die ganze in den Lungen und Athemwegen enthaltene Luft nicht von dem für den Pleuralraum geltenden Druckänderungen betroffen wird. Es ist also der Werth von 12 ccm viel zu hoch. Um die von uns gefundenen Volumschwankungen durch die Druckänderungen allein zu erklären, müssten wir viermal grössere Werthe für die Druckänderungen annehmen, das sind Werthe, die sogar grösser sind, als die von Valentin[2]) bei abgeschlossenen Athemwegen gefundenen!

Was schliesslich den Einfluss der Darmgase anlangt, so kann ich mich in der Erörterung hierüber vorläufig kurz fassen, weil auch Hermann nicht bezweifelt, dass sie keine Rolle spielen, sondern sogar annimmt, dass sie die entgegengesetzten Volumschwankungen zur Folge haben müssten, als in den Versuchen beobachtet wurde, weil ihr Volum sich bei der Inspiration durch Steigerung des intraabdominalen Drucks sogar verkleinern soll. Ich komme darauf später nochmals zurück.

---

1) Virchow's Archiv (12) VI. S. 517.

2) Lehrbuch der Physiologie 2. Aufl. 1847. S. 530.

Das sind also die Ueberlegungen, die mich zu meiner Ansicht geführt haben, und denen nach Hermann ein physikalischer Irrthum zu Grunde liegen soll. Der physikalische Irrthum wäre dann vorhanden, wenn meine Behauptung falsch wäre, dass die Differenz der Wärmeabgabe seitens der Lungen und Athemwege bei Inspiration und Exspiration so gross sei, wie ich angegeben habe. Dem muss ich aber entgegenhalten, dass meine Behauptung weiter nichts ist, als die logische Consequenz der Angaben Valentin's, und dass ich keinen Grund hatte, diese Angaben zu bezweifeln, weil sie von sämmtlichen späteren Autoren angenommen und in den Lehrbüchern wiedergegeben werden, vor allem von Hermann selbst.

Ich habe schon früher, als es sich um die Entscheidung einer anderen Frage handelte, darauf aufmerksam gemacht, dass Hermann in seinem Lehrbuche angiebt, die Exspirationsluft habe Körpertemperatur. Hermann hat dagegen protestirt, weil er an der citirten Stelle „ganz summarisch" unter den körperwarmen Excreten auch die Exspirationsluft anführe. Dazu möchte ich bemerken, dass die citirte Stelle nicht die einzige ist, an der er diese Ansicht ausspricht. Z. B. schreibt er S. 111 Zeile 16 von unten: „Der Hauch ist mit Wasserdampf für Körpertemperatur gesättigt." Ferner liegt der Seite 250 unten angestellten Berechnung die Annahme zu Grunde, dass die Exspirationsluft Körpertemperatur hat. Und auf Seite 251 oben findet sich eine Angabe, aus der sich berechnen lässt, dass er sogar für eine Aussentemperatur von 0° der Exspirationsluft noch annähernd Körpertemperatur (ungefähr 35°) zuschreibt, obwohl für diese Aussentemperatur Valentin[1]) die Temperatur der Exspirationsluft geringer gefunden hat.

Ich bin weit davon entfernt, aus alledem Hermann auch nur den geringsten Vorwurf zu machen, im Gegentheil theile ich ja ganz seine Ansicht, dass die Exspirationsluft in der Regel, und speciell bei unseren Versuchen, Körpertemperatur hat. Ich möchte ihn nur bitten, im Hinblick auf diese seine eigenen Angaben meine Ansicht gerechter zu beurtheilen und mir nicht einen so schweren Vorwurf zu machen, selbst wenn er sich vielleicht auch noch nicht zu meiner Auffassung bekennen will.

---

1) Lehrbuch der Physiologie 2. Aufl. S. 534 oben.

Hermann ist, wie mir scheint, deshalb nicht geneigt, meine Ansicht zuzulassen, weil ihm die schnelle Erwärmung der Inspirationsluft unwahrscheinlich ist. Das glaube ich entnehmen zu dürfen aus einer Angabe, die er bei Gelegenheit der Discussion über die Temperatur der Residualluft in Berenstein's Versuchen macht. Er glaubt, dass in diesen Versuchen die Residualluft nicht Körpertemperatur gehabt haben kann, weil sie durch einige tiefe und schnelle Athemzüge mit einem grossen Gasvolum gemischt worden sei.

Hier dürfte vielleicht folgender Versuch entscheiden, den ich neuerdings angestellt habe:

In einem Zimmer, dessen Temperatur 17 ° C. betrug, athmete ich 6—7 mal tief und schnell aus und ein und exspirirte danach gegen die Aussenfläche eines Glaskölbchens, in dessen Innerem sich warmes Wasser befand. Es ergab sich, dass noch bei einer Wassertemperatur von 35,5 ° C. die Aussenfläche des Glases mit Wasser beschlagen war, ehe bis zur tiefsten Exspirationsstellung exspirirt war. Das beweist doch, dass in diesem Falle schon die Exspirationsluft merklich höher als 35,5 ° C. temperirt war, und es darf wohl zweifellos angenommen werden, dass die Residualluft in dem Falle Körpertemperatur, also mindestens 37 °[1]) hatte. Danach kann es doch wohl kaum unmöglich erscheinen, dass bei normalem Athem die Inspirationsluft sehr schnell auf Körpertemperatur erwärmt wird.

Wen meine bisherigen Ausführungen noch nicht überzeugt haben, dem kann ich noch andere Thatsachen anführen, die meine

---

1) Hermann giebt in seinem „Schlusswort“ an, dass er die Begründung vermisse für meine Behauptung, Berenstein's Werthe müssten zur Umrechnung auf Körpertemperatur um „mindestens 10%“ grösser angenommen werden. Es sei mir gestattet, als Nachtrag zu meinen früheren Ausführungen dies hier nachzuholen — nicht etwa um die bereits geschlossene Diskussion wieder zu eröffnen. Mindestens 10% beträgt die Correctur wenn 1. die Residualluft bei Berenstein mindestens 37° C. hatte — und das ist nach dem oben angeführten Versuche der Fall gewesen und 2. die Luft im Spirometer höchstens 20° C. betrug; letzteres dürfte auch der Fall gewesen sein, einmal weil für Zimmertemperatur 20° wohl die oberste Grenze sein dürfte und zweitens weil im Spirometer die Temperatur wohl meist noch geringer gewesen sein dürfte, als im Zimmer.

Ansicht stützen. Nach den Versuchen von Aschenbrandt[1]) und von Kayser[2]) erfährt die Inspirationsluft schon beim Durchstreichen durch die Nase eine Erwärmung bis auf etwa 31°. Sie kommt also so vorgewärmt in die Lunge, wo sie sich — so will ich annehmen — mit der Lungenluft mischen möge, ohne dass hier während Inspiration mehr Wärme abgegeben werde, als bei der Exspiration. Durch die Mischung mit der körperwarmen Lungenluft wird sie selbst annähernd körperwarm, so dass von den oberen Luftwegen bei der Exspiration keine Wärme mehr abgegeben werden kann. Diese Versuche beweisen also unabhängig von den früher angeführten Valentin's, dass mindestens in den oberen Luftwegen bei Inspiration mehr Wärme abgegeben wird, als bei Exspiration. Berechnet man auf Grund dieser Daten die Grösse der Volumschwankungen, so erhält man immer noch solche von 30 ccm, also fast dreimal grösser, als die durch die Druckschwankungen bedingten.

Für mich sind alle diese Ueberlegungen beweisend. Indess will ich einem Skeptiker die Berechtigung zugeben, zu verlangen, dass meine Ansicht noch durch eigens dazu angestellte Versuche bewiesen werden muss. Ich wende mich daher jetzt zur Berichterstattung über solche Versuche.

Mein Versuchsplan geht von folgender Ueberlegung aus: Ob die in Rede stehenden Volumschwankungen hauptsächlich durch Druckänderung oder durch Temperaturänderung bedingt sind, lässt sich entscheiden, wenn man sie vergleicht mit der zugehörigen Athemvolumcurve, d. i. die Curve, die durch ein registrirendes Spirometer geliefert wird, in das die Versuchsperson ein- und ausathmet. Was zunächst die Druckcurve anlangt, so muss sie die Differentialcurve der Volumcurve sein, weil den Druckdifferenzen die Geschwindigkeit des Ein- und Ausströmens der Luft entspricht. Die durch die Druckänderung bedingte Curve ist also, um eine in der Physiologie des Kreislaufs gebräuchliche Bezeichnung anzuwenden, das Tachogramm. Das Tachogramm hat seine Gipfel- und Fusspunkte an den Stellen, die zeitlich der Stelle der grössten Steilheit des Anstiegs und Abstiegs des Plethysmogramms ent-

1) Aschenbrandt, Die Bedeutung der Nase für die Athmung. Dissert. Würzburg 1886.

2) Dies Archiv Bd. 41. S. 132 u. 133.

sprechen, die Gipfel von Tachogramm und Plethysmogramm fallen nicht zeitlich zusammen.

Anders verhält sich aber die durch Temperaturänderung bedingte Curve zum Plethysmogramm. Bei der Inspiration muss diese Curve so lange ansteigen, wie kalte Luft in den warmen Körper gelangt, d. h. so lange wie das Plethysmogramm ansteigt, umgekehrt bei der Exspiration in dem Maasse sinken, als das Plethysmogramm sinkt. Die Gipfel und Fusspunkte dieser Curve müssen also mit denen des Plethysmogramms zusammenfallen.

Durch Vergleich der fraglichen Curve mit dem Plethysmogramm lässt sich also unsere Frage entscheiden.

Nun ist es nicht gut möglich, ein Plethysmogramm von der Versuchsperson gleichzeitig mit der anderen Curve aufzuzeichnen, denn es müsste dazu ein registrirendes Spirometer mitgenommen werden unter den Blechsturz. Wohl aber lässt sich eine andere Curve aufnehmen, die der zeitlichen Lage ihrer Gipfel und Fusspunkte nach mit dem Plethysmogramm übereinstimmt, d. i. die Curve der Veränderung eines Querdurchmessers des Thorax. Dass diese Uebereinstimmung besteht, davon habe ich mich überzeugt durch besondere Controlversuche, in denen gleichzeitig das Plethysmogramm und die Curve der Durchmesserveränderung von einer Person aufgenommen wurde. Auf diese Controlversuche komme ich nachher noch zurück, weil sie noch aus einem anderen Grunde Interesse haben.

Die Versuchsanordnung war demnach folgende: Die Versuchsperson nahm in den Kasten einen Fick'schen Pneumographen mit, legte denselben dem Querdurchmesser des Thorax etwa in der Höhe des Schwertfortsatzes an und verband ihn durch einen Schlauch mit einem Tubus, der sich in der Wand des Blechsturzes befand. Aussen führte von diesem Tubus die Luftleitung zu einer Marey-schen Schreibtrommel. Durch einen zweiten Tubus in der Wand des Blechsturzes, an dem aussen ein Gummischlauch angebracht war, ging die Verbindung zu dem Volumschreiber, der die fraglichen Curven zu registriren hatte. In manchen Fällen wurde auch statt des Volumschreibers eine Marey'sche Schreibkapsel verwendet. Beide Curven wurden auf dieselbe Trommel des Kymographions aufgezeichnet.

Zu bemerken ist, dass bei der Registrirung der Durchmesserveränderungen jedesmal bei der Inspiration etwas Luft nach aussen

— in die Schlauchleitung zur Schreibkapsel — entweicht bei der Exspiration wieder in den Kasten hinein kommt. Diese Luftmenge ist aber so gering, wohl noch nicht 1 ccm, dass sie den Stand des Volumschreibers nicht merklich beeinflusst. In Figur 1 gebe ich zwei so erhaltene Curven wieder: die obere ist die des Pneumographen, die untere die des Volumschreibers, der mit dem Blechsturz in Verbindung war. Zur genauen Ausmessung ist es nöthig, die durch die bogenförmige und nicht senkrechte Bewegung der Schreibspitzen bedingten Entstellungen zu kennen, dazu dienen die bei ruhender Trommel gezeichneten Linien *a*,. *a*, die den gleichen Zeitpunkt angeben. Bei beiden Curven befinden sich eine Reihe von kleinen Strichen, mit arabischen Zahlen bezeichnet; die mit gleichen

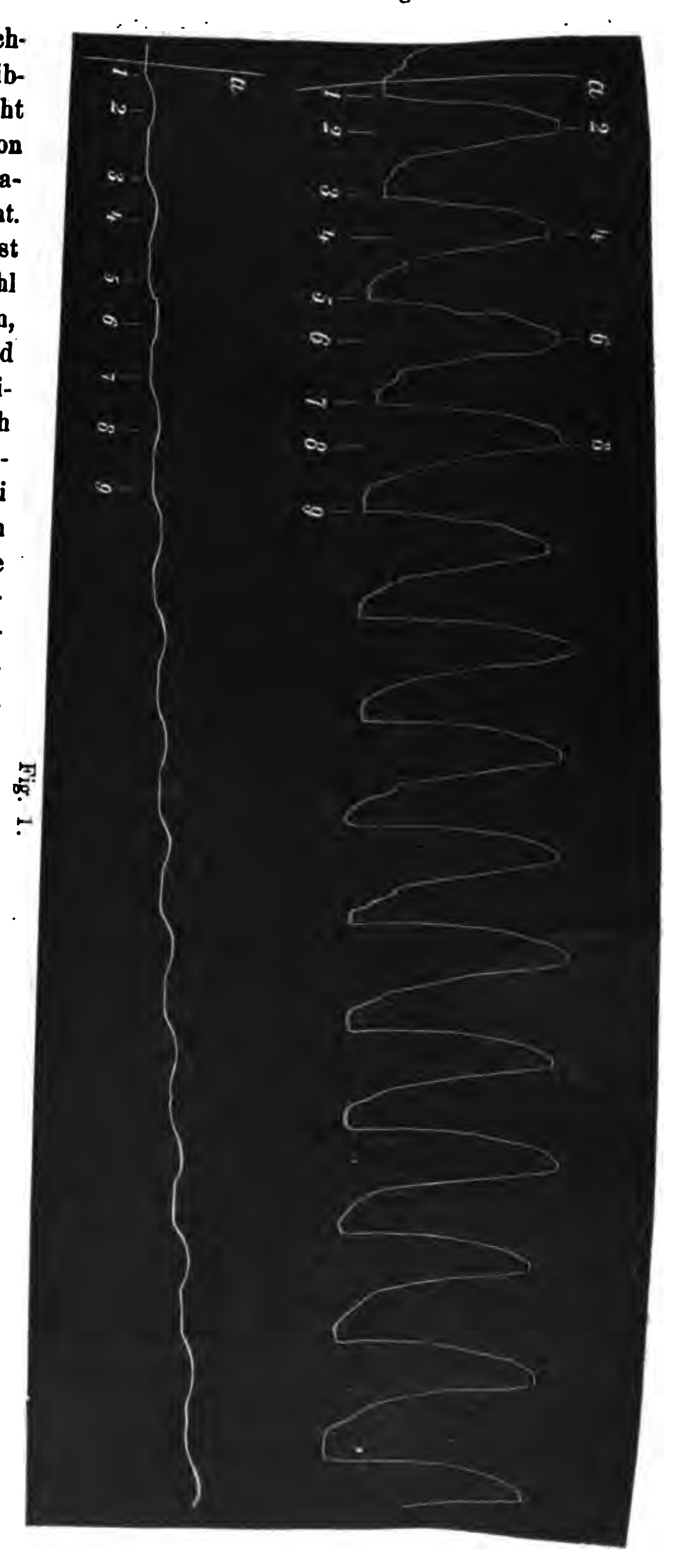


Fig. 1.

Zahlen bezeichneten Striche bezeichnen gleiche Zeitpunkte. Die Striche sind so gewählt, dass die ungeraden Zahlen den aus der Pneumographencurve zu entnehmenden Beginn der Inspiration anzeigen, die mit geraden Zahlen den Beginn der Exspiration.

Die untere Curve, um deren Erklärung es sich hier handelt, zeigt folgende Eigenthümlichkeiten. Sie steigt zunächst einmal im Allgemeinen langsam an, also nahm während des Versuches die Temperatur der Luft im Kasten noch zu. Dieser Anstieg stört aber nicht im Erkennen der für uns in Betracht kommenden Einzelheiten. Was diese anlangt, so zeigt die Curve eine regelmässige Periode, beginnend mit einem Anstieg, dessen Anfang mit dem Anfang der Inspiration zusammenfällt und der in einen flachen Gipfel übergeht. Dieser Gipfel fällt zeitlich ungefähr mit dem Gipfel der Pneumographencurve zusammen. Der Abstieg erfolgt danach von dem Zeitpunkt des Beginns der Exspiration ab. Der Abstieg geht aber nicht gleichmässig vor sich, sondern zeigt noch deutlich Folgendes: Zuerst geht die Curve am steilsten abwärts, dann weniger steil oder sogar um ein Geringes wieder aufwärts, dann wieder steiler abwärts.

Im Allgemeinen fallen also An- und Abstieg mit dem An- und Abstieg der Pneumographencurve zusammen, was meiner Ansicht nach zu erwarten war. Im Sinne der Auffassung Hermann's lassen sich die Curven nicht verwerthen — die Curve ist kein Tachogramm. Das Tachogramm ist nur an einer Stelle zu erkennen, nämlich im Abstieg, wo es die oben beschriebenen Details bewirkt: der anfänglich steilere Abstieg mit dem oft darauf folgenden geringen Anstieg scheint mir der Ausdruck des Tachogramms zu sein, das sich mit der durch Temperaturänderung bedingten Curve hier combinirt. Im Anstieg dagegen ist vom Tachogramm nichts mit Sicherheit zu erkennen. Ich halte mich also auf Grund dieser Beobachtung berechtigt, an meiner Ansicht festzuhalten, dass die Druckänderung nur eine kleine Rolle beim Zustandekommen der fraglichen Erscheinung spielt.

Die Richtigkeit dieser Auffassung wird aber unzweifelhaft bewiesen durch Versuche, die nach gleicher Anordnung, wie die oben beschriebenen, aber mit verändertem Athemrhythmus angestellt wurden. Wenn man die Athmung so ändert, dass man zwischen Inspirationen und Exspirationen Pausen mit Athemstillstand macht, so ist nach Hermann zu erwarten, dass die fraglichen

Curven etwa so verlaufen: Bei der Inspiration steigt die Curve an, um danach zu sinken bis zur Abscissenachse und während des Athemstillstands eine in die Abscissenachse fallende Linie zu zeichnen. Bei der Exspiration entsteht eine nach unten von der Abscisse abgehende Curve, die in die Abscisse wieder übergeht, wenn darauf der Athem wieder angehalten wird. Wenn man dagegen a priori die Curve construiren will, die durch die Temperaturänderungen bedingt sein muss, so ist Folgendes zu bedenken. Die Curve soll der Ausdruck der Verschiedenheiten der Wärmeabgabe seitens der Lungen bei In- und Exspiration sein. Bei Exspiration findet meiner Auffassung nach keine Wärmeabgabe von Seiten der Lungen statt, daher sinkt die Curve. Das Gleiche muss nun aber auch bei einfachem Athemstillstand geschehen, weil auch während des Athemstillstands keine Wärme von Seiten der Lungen abgegeben wird. Es muss also die Curve steigen während der Inspiration, dagegen continuirlich sinken während des darauf folgenden Athemstillstands, der Exspiration und des auf die Exspiration folgenden Athemstillstands. Dabei wird sich allerdings doch noch ein Unterschied im Verlaufe der Curven bei den Athemstillständen und bei der Exspiration zeigen. Während der Exspiration wird ein Theil der Luft einer stärkeren Wärmeabgabe ausgesetzt, als während des vorhergehenden Athemstillstands, nämlich die exspirirte Luft. Diese Luft giebt während des Stillstandes zwischen Inspiration und Exspiration, wo sie sich im Körper befindet, jedenfalls nur unbedeutend Wärme nach aussen ab, wenn sie aber aus dem Körper exspirirt wird, erleidet sie Wärmeverlust in Folge der Wärmeabgabe der Kastenluft an die Zimmerluft. Als Ausdruck dessen würden wir zu erwarten haben, dass die fragliche Curve während der beiden Stillstände und der Exspiration sinkt, aber bei der Exspiration stärker, als bei den Stillständen.

Fig. 2 giebt so erhaltene Curven wieder, die nach dem für Fig. 1 Bemerkten verständlich sein werden. Es zeigt sich nun in der That das Ansteigen der fraglichen Curven bei Inspiration, und im Allgemeinen Absteigen während der Athemstillstände und der Exspiration, aber während der Exspiration nicht nur ein steileres Absteigen, als während der Stillstände, sondern nach dem steileren Abstieg wieder ein geringerer Anstieg. Diese geringe Einbuchtung nach unten in dem ganzen Abstieg ist auch hier wieder die Andeutung des Tachogramms. Also auch hier zeigt sich

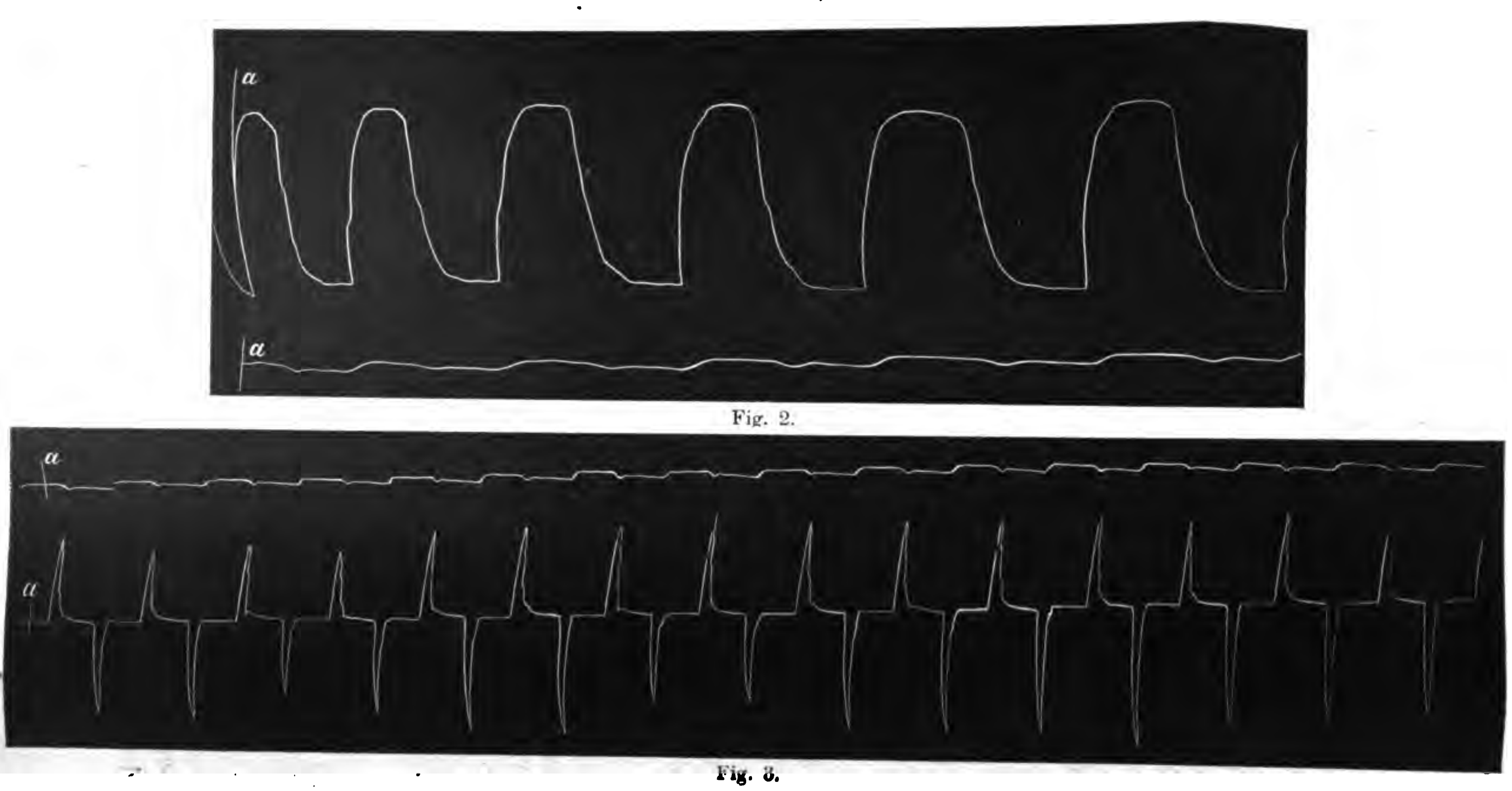


Fig. 2.

Fig. 3.

das Tachogramm nur im Abstieg, während der ganze Verlauf der Curve im Uebrigen sich so verhält, wie es die Auffassung verlangt, dass die Temperaturänderungen die grösste Rolle spielen.

Noch schlagender wird meine Auslegung bewiesen durch die Fig. 3. Hier wurde auch wieder wie im vorigen Versuche mit Athemstillständen zwischen In- und Exspiration geathmet, diesmal aber nicht die Pneumographencurve registrirt, sondern ein wirkliches Tachogramm. Das geschah so: Die Versuchsperson athmete im Kasten bei offenem Munde und hatte an die Unterlippe das Ende des mit der Schreibkapsel verbundenen Gummischlauchs angelegt, das in den früheren Versuchen mit dem Pneumographen verbunden war, so dass die Oeffnung des Gummischlauchs gegen die Mundhöhle gerichtet war. Die bei solcher Anordnung erhaltene Curve ist ein Tachogramm der Luftbewegung bei der Athmung. Die tachographische Curve geht in diesem Falle natürlich bei der Inspiration nach unten, bei der Exspiration nach oben. Man vergleiche nun dies Tachogramm, das in der Figur 3 die untere Curve ist, mit der Curve der Volumschwankungen, die oben steht. Der Unterschied beider liegt klar zu Tage.

Fig. 4 enthält die Resultate von Versuchen, bei denen das eine Mal (in den ersten 6 Athemzügen) sehr langsam inspirirt wurde, das andere Mal (in den letzten 6) die Exspiration sehr verzögert war. Unten befindet sich wieder das Tachogramm, oben die Curve der Volumschwankungen. Eine Erläuterung der Curven ist nach dem vorhin Gesagten nicht nöthig. Auch hier erkennt man wieder nur bei der schnellen Exspiration die Wirkung der Druckänderung, bei der schnellen Inspiration ist sie nicht mit Sicherheit zu erkennen. Dagegen zeigt sich bei der langsamen Inspiration ein stetiges Ansteigen, bei der langsamen Exspiration ein stetiges Absteigen der fraglichen Curve, was wiederum auf die Richtigkeit meiner Ansicht hinweist.

Die Wirkung der Druckänderung kann nun aber bei einer anderen Art von abnormem Athmen zum Vorschein gebracht werden. Wenn man nicht in gewöhnlicher ruhiger Weise athmet, sondern so schnell wie möglich, ruckweise, inspirirt und exspirirt, so erzielt man grössere, aber auch die grössten möglichen Druckänderungen. Diese kommen nun thatsächlich zum Ausdruck in der fraglichen Curve; man betrachte Fig. 5; die obere Curve stellt wieder die Pneumographencurve dar, zwischen den einzelnen ruck-

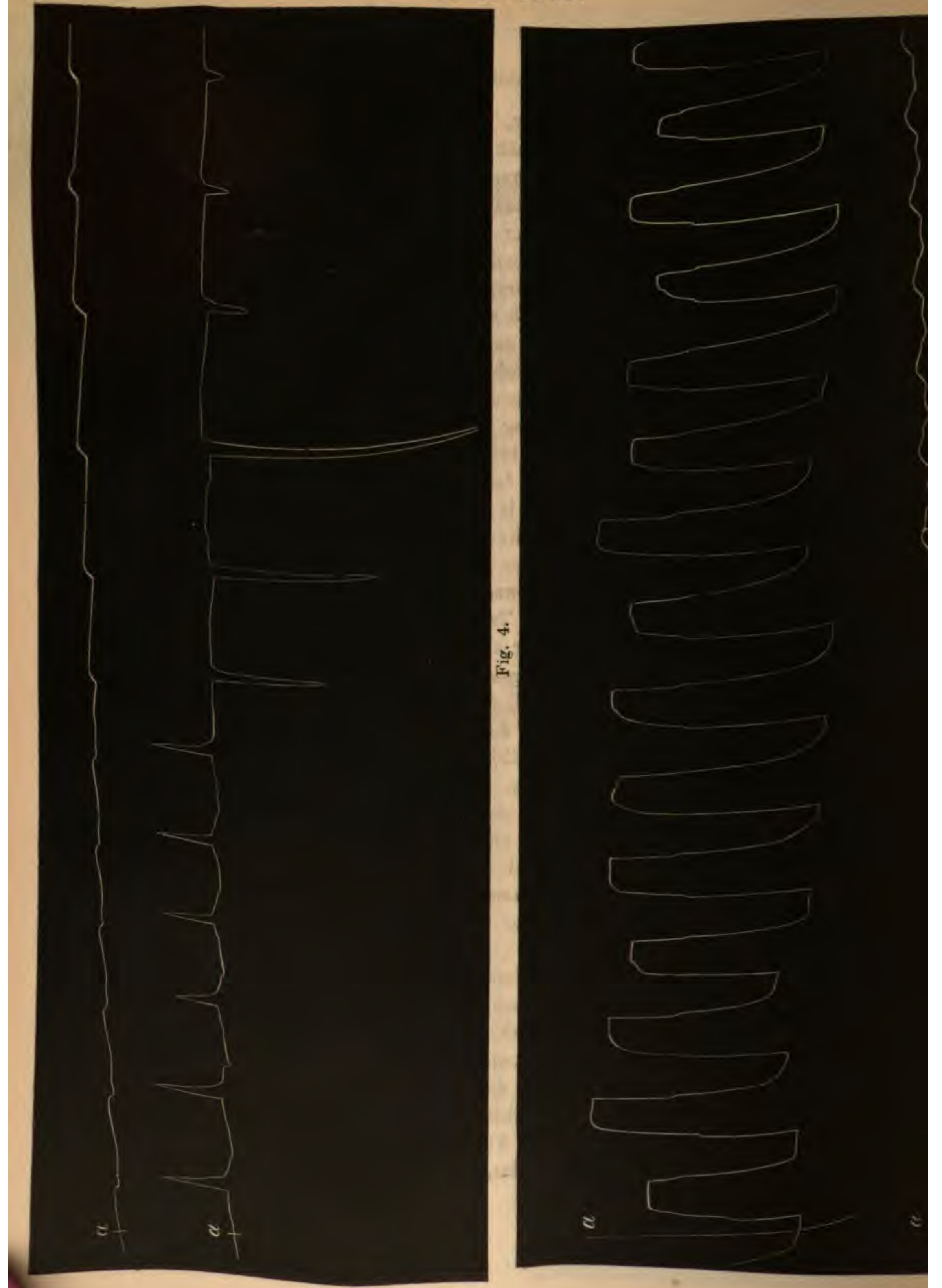


Fig. 4.

weisen Inspirationen und Exspirationen wurden Athemstillstände gemacht. Die untere Curve sieht nun ganz anders aus, wie früher, sie lässt die früher schon constatirte Einbuchtung nach unten, die wir als Wirkung der Druckänderung bei der Exspiration angesehen haben, deutlicher erkennen, ausserdem zeigt sich aber ein steileres und höheres Hinaufgehen auch im Anstieg; von dem Gipfel, der etwa dem Ende der Inspiration entspricht, sinkt sie zunächst rasch, später langsamer. Aber auch hier bei den grössten möglichen Druckänderungen ist immer noch sehr deutlich die Wirkung des anderen Factors zu erkennen; sie macht sich im Wesentlichen darin geltend, dass die Curve bei Beginn der Exspiration durchweg höher liegt als bei Beginn der Inspiration, dass sie also in den Athempausen zwischen Inspiration und Exspiration nicht zur Abscissenachse herabsinkt. Den Antheil dieses Factors an der ganzen Erhebung darf man doch gewiss als ungefähr gerade so gross schätzen, wie den Antheil der Druckänderung.

Ich glaube damit bewiesen zu haben, dass meine Behauptung, die Druckänderungen spielten bloss eine geringe Rolle beim Zustandekommen der fraglichen Curven, ganz gerechtfertigt ist. Ob es in dem von Hermann beschriebenen Versuche am Kaninchen anders ist, weiss ich nicht. Meine Deutung betraf nur die von Menschen erhaltenen Curven und ich hatte daher Hermann gegenüber nur die Richtigkeit der Deutung dieser Curven nachzuweisen. Ich möchte aber bemerken, dass ich nicht glauben kann, dass beim Kaninchen nur die Druckänderungen in Betracht kommen. Sollte hier wirklich der Unterschied in der Wärmeabgabe bei Inspiration und Exspiration nicht bestehen? Das ist doch wohl kaum möglich. Wenn man den erwähnten Versuch als Praktikumsversuch zeigen will, so hat man zu bedenken, dass er wahrscheinlich weder die Druckänderung noch die Temperaturänderung rein zum Ausdruck bringt und dass der Antheil beider Faktoren an der Curve ja auch verschieden ist je nachdem das Thier rasch oder langsam, oberflächlich oder tief athmet.

Ich komme jetzt nochmals auf die Frage zurück, wie gross der Antheil der Volumänderung der Darmgase an den Curven ist. Vielfach wird angenommen und auch Hermann ist der Ansicht, dass bei der Inspiration der Abdominaldruck steigt, mithin eine Verkleinerung des Volums der Darmgase statthaben muss. Wenn diese Ansicht richtig ist, würde der Antheil der Darmgase an der

Curve ein negativer sein, weil die Curve Volumzunahme bei der Inspiration zeigt. Dann bleibt nichts übrig, als den Temperaturänderungen die Hauptrolle zuzuschreiben.

Indessen muss nach den Untersuchungen Verstraetens[1]) die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass das Darmgasvolum bei Inspiration grösser wird. Verstraeten giebt an, dass nur bei starker Füllung des Darms inspiratorische Zunahme des Abdominaldrucks statt hat, sonst Abnahme. Dagegen kann nicht geltend gemacht werden, dass die inspiratorische Steigerung des Abdominaldrucks durch die Vorwölbung der Bauchwand auf das Klarste erwiesen ist, denn eine Vorwölbung der Bauchwand könnte auch dadurch zu stande gebracht werden, dass zwar das Zwerchfell tiefer tritt, aber durch gleichzeitige Vergrösserung der unteren Thoraxapertur das Volumen der Bauchhöhle eine inspiratorische Vergrösserung erfährt.

Es ist also die Richtigkeit der Angaben Verstraeten's nicht unmöglich und desshalb haben wir zu fragen, ob der Vergrösserung des Volums der Darmgase eine grosse Rolle in unseren Versuchen zugekommen sein kann. Auf die Frage antworte ich Nein aus folgenden Gründen.

Erstens dürfte die Curve nicht bei blossem Athemstillstand sinken, wenn die Darmgase den Hauptantheil hätten, weil das Volum der Darmgase beim Athemstillstand sich nicht ändert.

Zweitens müssten die Curven fehlen oder gar sich umkehren, wenn der Bauch stark gefüllt wäre, so dass gemäss den Angaben Verstraeten's nun inspiratorische Volumabnahme statt haben müsste. Wir haben nun aber früher, bei Gelegenheit der Untersuchung über die Residualluft, gefunden, dass die Curven nach Aufblähen des Magens mit Kohlensäure in gleicher Weise zu erhalten waren, wie in der Norm.

Meine Ansicht, dass die Temperaturänderungen die Hauptrolle spielen, darf somit als bewiesen gelten. Zugleich geht aus den Versuchen hervor, dass ein erheblicher Unterschied in der Wärmeabgabe seitens der Athemwege und Lungen bei Inspiration und Exspiration besteht, und dass die eingeathmete Luft sehr schnell erwärmt wird.

Zum Schlusse wende ich mich zur Besprechung der Control-

1) Ann. et Bull. Soc. méd. Gand. 1890 Octobre p. 270.

versuche, durch die die zeitliche Uebereinstimmung der Gipfel und Fusspunkte der Pneumographencurve und der Athemvolumcurve gezeigt werden soll. Bei den Versuchen wurde der Blechsturz als Luftvorlage benutzt; die Versuchsperson sass ausserhalb des Kastens und athmete durch einen Tubus in den Kasten hinein und aus ihm heraus, das geathmete Volum wurde registrirt durch den mit dem Kasten verbundenen Aeroplethysmographen. Gleichzeitig wurde die Pneumographencurve von der Versuchsperson registrirt. Fig. 6 stellt so erhaltene Curven dar, oben die Pneumo-

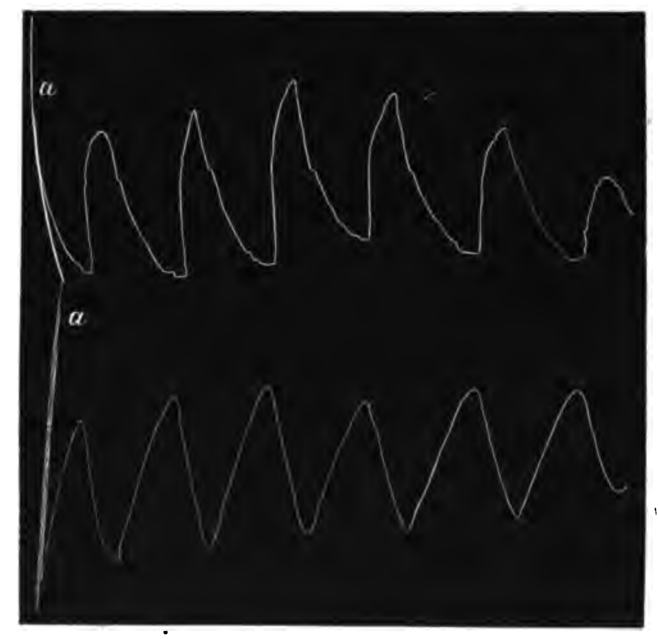


Fig. 6.

graphencurve, unten das Aeroplethysmogramm; in letzterem geht die Curve bei der Inspiration nach unten, bei der Expiration nach oben, also umgekehrt, wie bei der Pneumographencurve. Die Ausmessung ergiebt, dass die Punkte beider Curven, wo die Inspiration in die Exspiration übergeht, zeitlich zusammenfallen, ebenso die Punkte, wo die Exspiration in die Inspiration übergeht.

An den so erhaltenen Curven ist aber noch bemerkenswerth, dass die Ordinaten der Curven bei verschiedener Stärke der Athmung nicht einander proportional sind, sondern sich nach verschiedenen Gesetzen ändern: Bei oberflächlicher Athmung ist die Höhe der Pneumographencurve relativ, im Vergleich zum Plethysmogramm, viel kleiner, als bei tiefer Athmung. Dies lehrt

noch besser ein Blick auf Fig. 7, die oben wieder die Pneumographencurve, unten das Aeroplethysmogramm enthält. In den ersten schwachen Athemzügen ist die Höhe der Pneumographencurve geringer, als die des Plethysmogramm, in den tiefen Athemzügen dagegen grösser.

Dazu möchte ich Folgendes bemerken. Man findet meist die Angabe, dass beim männlichen Geschlechte die gewöhnliche Einathmung vorwiegend oder ausschliesslich durch Zusammenziehung des Zwerchfells bewerkstelligt werde. Manche Autoren haben sich aber auch dagegen ausgesprochen. So vertritt Fick[1]) die Ansicht, dass bei der normalen Einathmung das Zwerch-

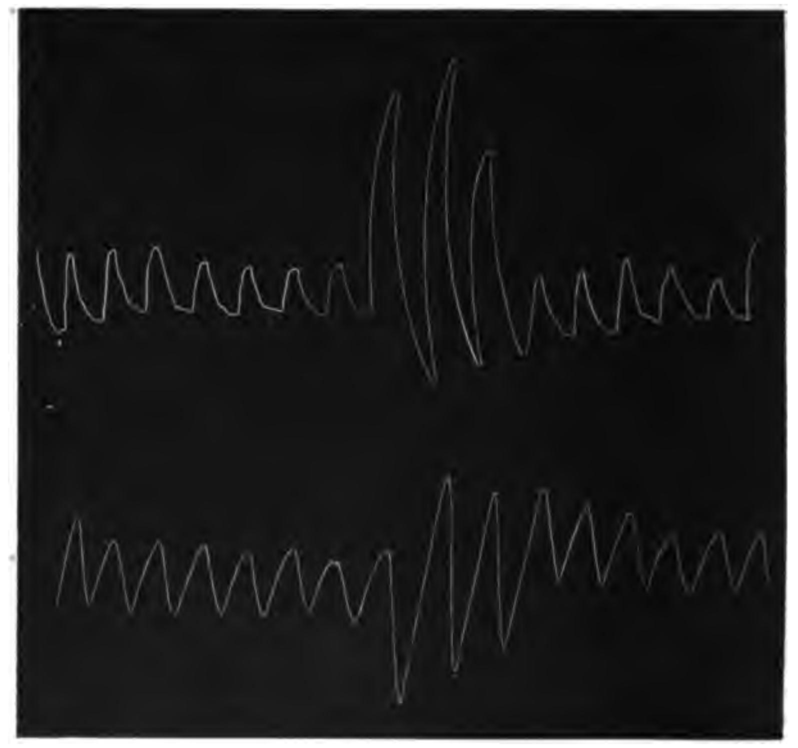


Fig. 7.

fell nur wenig oder gar nicht herabsteigt. Die Anspannung seiner Fasern hat den Zweck, zu verhindern, dass bei Erweiterung des Brustraumes durch die anderen Einathmungsmuskeln das Zwerchfell in die Höhe gesaugt wird. Bei der Zusammenziehung des Zwerchfells steigt die Kuppe nicht herab; nur die muskulösen Theile heben sich durch Gradstreckung von der Brustwand ab, und die Lungen können so in die so gewonnenen keilförmigen Räume herabsteigen. Dieser Auffassung würde der oben angegebene Befund Verstraeten's entsprechen, dass bei Inspiration der Abdominaldruck sinkt. Eine solche An-

1) Compendium der Physiologie 1891. S. 300.

nahme scheint nun auf den ersten Blick hin zu fordern, dass die Vergrösserung der Thoraxdurchmesser mit Zunahme der Tiefe der Athemzüge nicht so schnell wächst, wie das geathmete Volum. Diese Ueberlegung führte mich dazu, bei meinen Versuchen auf die Beziehung zwischen Durchmesservergrösserung und dem geathmeten Volum bei verschiedener Tiefe der Athmung zu achten. Es fand sich, wie schon erwähnt, dass bei stärkerer Athmung die Thoraxdurchmesserzunahme verhältnissmässig mehr vergrössert ist, als das geathmete Volum. Das beweist unzweifelhaft, dass bei der oberflächlichen Athmung das Zwerchfell an der Vergrösserung relativ mehr betheiligt ist, als bei tiefer, widerspricht aber doch noch nicht der Ansicht Fick's. Es könnte nämlich die bei oberflächlicher Athmung durch die Zwerchfellcontraction bewirkte Erweiterung der senkrechten Durchmesser mehr oder weniger wieder rückgängig gemacht werden, wenn bei tiefer Einathmung durch die grössere Rippenhebung auch die Insertionen des Zwerchfells gehoben würden und die vordere Bauchwand, die bei tiefer Inspiration in Folge ihrer Anspannung durch den gehobenen Thorax weniger vorgewölbt ist, als bei oberflächlicher, die Eingeweide wieder zurück und das Zwerchfell damit nach oben zu drängen sucht.

Ich will das hier nur andeuten und nicht weiter darauf eingehen. Diese Bemerkung soll nur den Zweck haben, zu zeigen, dass weitere Untersuchungen zur Entscheidung zwischen den widersprechenden Angaben und Ansichten wünschenswerth sind.

(Aus dem physiologischen Institut in Würzburg.)

Untersuchungen über die Natur einiger Dauercontractionen des Muskels.

Von

Dr. Fr. Schenck.

Mit 14 Abbildungen.

Uebersicht.

Seite
1. Die Ammoniakverkürzung 495
   a) Die Verkürzungkraft der Ammoniakverkürzung verglichen mit der bei elektrischer Reizung 496
   b) Die Contraktionswelle bei Ammoniakverkürzung 498
   c) Summation der Wirkung von elektrischer und Ammoniakreizung. 499
   d) Ammoniakverkürzung beim ermüdeten Muskel 502
   e) Die Erregbarkeitsänderung durch Ammoniak 503
   f) Schlussbemerkung 504
2. Die Veratrinverkürzung 504
   a) Verkürzungskraft der Veratrinverkürzung 505
   b) Einfluss der Spannung auf die Wärmeentwicklung der Veratrinverkürzung 509
   c) Einfluss der Spannung auf den Ablauf der Veratrinverkürzung. 512
3. Die Dauercontraktion bei Durchleitung eines constanten Stromes durch den Muskel 516
   a) Verkürzungskraft der Schliessungsdauercontraktion 517
   b) Einfluss der Ermüdung auf die Schliessungsdauercontraktion . 518
   c) Einige andere Beobachtungen über die Schliessungsdauercontraktion 519
4. Die Starreverkürzung 521
   Einfluss der Ermüdung auf die Verkürzungskraft der
   a) Zeitstarre 522
   b) Wärmestarre 523
5) Die Tiegel'sche Contraktur 524

Seite
6. Theoretisches 524
a) Die geordneten und ungeordneten Contractionen der contractilen Elemente 524
b) Besonderheiten der Starreverkürzung 527
c) Combination der geordneten und ungeordneten Elementcontraktionen 530
d) Die Ermüdung des Reizleitungsorgans und der contraktilen Substanz 531
b) die Beziehung der negativen Schwankung zum Reizleitungsprozess und zum Contraktionsprozess der contraktilen Elemente . 532
f) Zusammenfassung und Schluss 534

Die folgende Mittheilung betrifft hauptsächlich die mechanische Untersuchung einiger Dauercontractionen des Muskels, nämlich:

1. der Ammoniakverkürzung,
2. der Veratrinverkürzung,
3. der Dauercontraction bei Durchleitung eines constanten Stromes,
4. der Starreverkürzung,
5. der Tiegel'schen Contractur.

Bei Gelegenheit der Untersuchung wurden noch andere Beobachtungen über die genannten Verkürzungsarten gemacht, die zu der Hauptfrage mehr oder weniger in Beziehung stehen und über die auch berichtet werden soll.

Die Versuche sind zum Theil von einigen Praktikanten des hiesigen Laboratoriums ausgeführt worden, nämlich den Herren Bodensteiner, Wälzholz, König und Gleissner.

1. Die Ammoniakverkürzung.

Von bisherigen Beobachtungen, die wir Kühne[1]) und Bernstein[2]) verdanken, hebe ich das für uns Wesentliche hervor: Ein mit Ammoniakdämpfen gereizter Muskel geräth in eine Dauercontraction, die ihrem Verlaufe nach einer riesig verzögerten Zuckung ähnlich sieht. Der Muskel contrahirt sich zuerst langsamer als bei elektrischer Reizung ad maximum und dehnt sich danach bis zur

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 224.
2) Untersuchungen aus dem physiol. Institut Halle. 2. Heft. S. 175.

ursprünglichen Länge wieder aus. Den Character des Tetanus hat die Ammoniakverkürzung nicht, denn sie zeigt, so lange der Muskel noch nicht ad maximum contrahirt ist, nie die bei untermaximalem Tetanus so leicht zu beobachtenden Unregelmässigkeiten, die auf die Zusammensetzung der Contraction aus einzelnen Zuckungen hindeuten.

Man kann einen aufgehängten Sartorius mehrmals nach einander durch Ammoniakdämpfe reizen, wenn man die Dämpfe nicht zu concentrirt einwirken lässt, indessen nimmt bald die Erregbarkeit gegen Ammoniak und auch gegen elektrischen Reiz ab bis zu Null, bei Einwirkung von concentrirten Dämpfen oder Lösungen sogar schon nach der ersten Verkürzung. Danach lässt sich aber beim Muskel noch Starreverkürzung erzielen, wenn man ihn auf 60° erwärmt.

Unsere Untersuchungen betrafen Folgendes:

a) die Verkürzungskraft der Ammoniakverkürzung verglichen mit der bei elektrischer Reizung.

Die Versuche wurden zunächst so angestellt: Die Musculi sartorii des Frosches wurden so präparirt, dass sie durch das Becken noch in Zusammenhang blieben, das Präparat wurde mit den beiden unteren Enden der Sartorii am Schönlein'schen Spannungszeichner befestigt, das Becken mit dem Längenzeichner verbunden. Nun wurde erst elektrisch gereizt, und zwar ein kurz dauernder isotonischer, dann isometrischer Tetanus registrirt, dann bei isotonischem Verfahren mit Ammoniak gereizt; wenn der Muskel maximal zusammengezogen war, wurde das untere Ende des Präparats herabgezogen, der Muskel dadurch so weit gedehnt, bis er die ihm im Ruhezustande zukommende Länge hatte und nun die Spannung registrirt. Es ergab sich, dass die Ammoniakverkürzung sehr oft überhaupt keine sicher nachweisbare Spannungszunahme erkennen liess, selbst wenn der Grad der Verkürzung ungefähr der gleiche war, wie bei elektrischem Tetanus und wenn letzterer eine nicht unbeträchtliche Spannung entwickelte.

Diese Versuche sind aber deshalb nicht beweisend, weil bei ihnen die verschiedenen Schichten der Muskeln nicht gleichzeitig von Ammoniak betroffen werden, erst die äusseren, nachher die

inneren. Durch die ungleichzeitige Erregung der einzelnen Schichten könnte die Verschiedenheit der Verkürzungskräfte bedingt sein.

Deshalb wurden weiter Versuche angestellt, in denen die Ammoniaklösung durch die Blutbahn in den Muskel eingeführt wurde. Dazu wurde der Gastrocnemius benutzt. In die Bauchaorta des abgeschnittenen hinteren Theiles eines Frosches wurde eine Kanüle eingelegt zur Einführung der Ammoniaklösung in die Schenkel. Die Schenkel waren auf einem Froschbrett aufgebunden, das Knie fest fixirt. In die Haut über der Achillessehne wurde ein Loch eingeschnitten, die Achillessehne hervorgezogen und durch einen Faden mit dem Schreibhebel verknüpft. So wurde die Verkürzung registrirt. Zur Aufzeichnung der Spannung wurde der Schreibhebel mit einem unter ihm befindlichen Spannungszeichner verbunden.

Die durchgeleitete Ammoniaklösung enthielt in den ersten Versuchen 0,1 gr NH_3 auf 100 physiologische Kochsalzlösung, später wurden noch viel schwächere Lösungen angewendet: 10—15 Tropfen concentrirte Ammoniaklösung auf 200 ccm physiologische Kochsalzlösung.

Auch hier ergab sich, dass bei der Ammoniakverkürzung relativ weniger Spannung entwickelt wird, als bei elektrischem Tetanus, der vor der Durchleitung des Ammoniaks zu erhalten war. Da die Ammoniakverkürzung meist geringer war, als die elektrische, so können die absoluten Spannungswerthe nicht mit einander verglichen werden, sondern nur ihre Verhältnisse zu den Verkürzungshöhen. Setzen wir die isometrische und isotonische Höhe bei elektrischem Tetanus gleich 1, also ihr Verhältniss auch gleich 1, so erhalten wir für das Verhältniss $\frac{\text{isometrische Höhe}}{\text{isotonische Höhe}}$ des Ammoniakmuskels, um einige Beispiele anzuführen, folgende Werthe:

0,37; 0,64; 0,21; 0,10.

In anderen Versuchen wurde dieselbe Thatsache gefunden durch Registrirung der Dehnungscurve des elektrisch und des mit Ammoniak gereizten Gastrocnemius mit Hülfe des Blix'schen Myographions. Zu dem Ende wurde der Hinterschenkel in dem Blix'schen Myographion befestigt, was ohne Schwierigkeit zu machen war. Es wurde erst der elektrische Tetanus registrirt, dann Ammoniaklösung durchgeleitet und nun auch vom Ammoniakmuskel die Dehnungscurve aufgenommen. Immer lag letztere un-

terhalb der ersten und war beträchtlich steiler als diese. Fig. 1 giebt z. B. so erhaltene Curven wieder, 1 die des Tetanus, 2 die der Ammoniakverkürzung. Die Last betrug 200 gr. Der Ammoniakmuskel ist schon bis zur Länge des ruhenden Muskels ge-



Fig. 1.

dehnt bei einer Belastung von 80 gr, während bei elektrischem Tetanus der Muskel noch mehr als 200 gr hebt. Bei geringer Last liegen beide Curven annähernd gleich hoch.

Das Resultat dieser Versuche ist also:

Die Verkürzungskraft ist bei der Ammoniakreizung geringer, als bei elektrischem Tetanus.

b) Die Contractionswelle bei Ammoniakverkürzung.

Wir haben gefunden, dass die Contraction, die durch locale Reizung einer Muskelstelle mit Ammoniak entsteht, sich nicht wellenförmig durch den Muskel fortpflanzt, wie es bei localer mechanischer oder elektrischer Reizung der Fall ist. Diese Thatsache scheint bisher der Beobachtung entgangen zu sein, wenigstens haben wir keine Angabe in der Literatur darüber gefunden; im Gegentheil wird sogar in einer kürzlich erschienenen Arbeit von K. Kaiser[1]) stillschweigend als Thatsache angenommen, dass die Ammoniakcontraction sich wellenförmig fortpflanze.

Unser Versuch wurde so angestellt: Der curaresirte Sartorius wurde über die obere Kante einer senkrecht gestellten Glasplatte gelegt, so dass die beiden Hälften auf beiden Seiten herunterhingen. Die eine Hälfte wurde mit einem leichten Schreibhebel

1) Zeitschr. f. Biologie Bd. XXXI. S. 247.

verbunden, die andere mit Ammoniak gereizt; damit aber keine Ammoniakdämpfe zu der nicht zu reizenden Seite übergingen, wurde auf den Rand der Glasplatte noch eine Mauer von Kochsalzthon aufgesetzt, so dass für den Muskel eine passend grosse Oeffnung blieb. Niemals trat Verkürzung der nicht gereizten Hälfte ein, obwohl vorher die Leitungsfähigkeit durch Schnittreizung und elektrische Reizung festgestellt war, obwohl ferner die gereizte Seite sich energisch contrahirte, und obwohl die nicht gereizte Seite gegen Ammoniakreizung erregbar geblieben war, was zum Schlusse immer noch festgestellt wurde.

Die Ammoniakcontraction pflanzt sich mithin nicht wellenförmig durch die Muskelfaser fort.

c. Summation der Wirkung von elektrischer und Ammoniak-Reizung.

Hierüber hat Bernstein[1]) schon Angaben gemacht; der Muskel ist während der Ammoniakcontraction noch reizbar; er zieht sich auf elektrischen Reiz immer noch stärker zusammen, selbst auf der Höhe der Ammoniakverkürzung.

Wir können den Angaben Bernstein's auf Grund eigener Beobachtungen noch Folgendes hinzufügen.

α) Summation von elektrischem Tetanus und Ammoniakverkürzung.

Es wurde mit einem vor der Ammoniakreizung erhaltenen Tetanus verglichen die Wirkung von Ammoniakreizung und elektrischer Reizung zusammen. Während der Zusammenziehung auf Ammoniakreiz hin wurde von Zeit zu Zeit elektrisch gereizt. Es ergab sich: Die Ammoniakverkürzung ist meist geringer als die Verkürzung bei elektrischem Tetanus allein und auch die Wirkung von elektrischer Reizung und Ammoniakreizung zusammen ergiebt meist nicht so grosse Verkürzung, als elektrischer Tetanus allein. Dies wird wohl mit der Verminderung der Erregbarkeit zusammenhängen, die das Ammoniak bewirkt. Indessen haben wir auch Fälle beobachtet, wo die Ammoniakverkürzung allein schon grösser war, als die Tetanusverkürzung und wo trotzdem die elektrische Reizung auf der Höhe der Ammoniakverkürzung noch weitere

1) a. a. O.

Contraction zur Folge hatte. Fig 2 giebt ein solches Beispiel. Bei *a* findet sich die Curve des elektrischen Tetanus allein, die vor der Ammoniakreizung erhalten wurde, bei *b* findet sich die höchste Erhebung des Zeichners nach Ammoniakreizung mit einem auf-

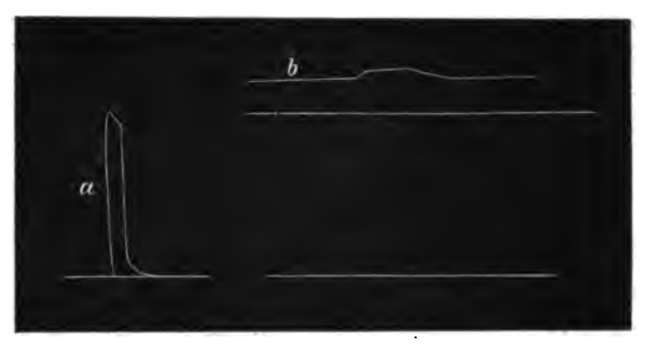


Fig. 2.

gesetzten elektrischen Tetanus, das mit *b* bezeichnete Curvenstück ist ein Theil der ganzen bei Ammoniakreizung erhaltenen Curve. Die Linie unter *b* giebt die Höhe an, bis zu der der Muskel bei elektrischer Reizung allein sich verkürzte. Diese Curven wurden vom ausgeschnittenen Sartorius erhalten.

Ein anderes lehrreiches Beispiel derart ist das in Figur 3 wiedergegebene, das vom Gastrocnemius bei Registrirung der



Fig. 3.

Dehnungscurve erhalten wurde. Hier zeigt sich bei 1 die Dehnungscurve des tetanisirten Muskels vor der Ammoniakreizung, bei 2 die Curve der Ammoniakverkürzung, die erhalten wurde bei Durchleitung einer Ammoniaklösung, die in 200 ccm. physiologischer Kochsalzlösung 14 Tropfen concentrirter Ammoniaklösung enthielt. Nach 2 wurde nochmals mit gleicher Reizstärke, wie

bei 1, elektrisch gereizt: die nun erhaltene Curve 3 liegt beträchtlich höher, als 1.

Zur Erklärung dieser Beobachtung lassen sich zwei Möglichkeiten heranziehen:

1. Wir dürfen annehmen, dass bei anhaltender Contraction sich im Muskel eine „Nachschrumpfung“ ausbildet, die sich zur eigentlichen Thätigkeitsverkürzung zugesellt und diese vergrössert. Möglich, dass bei der anhaltenden Ammoniakverkürzung sich die Nachschrumpfung stärker ausbildet, als bei dem kurzen elektrischen Tetanus, und dass so die grössere Contractionshöhe bedingt ist.

2. Es wäre daran zu denken, dass das Ammoniak, ehe es die Erregbarkeit des Muskels herabsetzt, vielleicht in Folge seiner alkalischen Natur vorher für kurze Zeit die Erregbarkeit steigert und dass dadurch die stärkere Wirkung der elektrischen Reizung als Folge der Ammoniakvergiftung eintritt.

Die beiden Möglichkeiten schliessen sich übrigens nicht gegenseitig aus, sie könnten beide in Betracht kommen.

β) Summation einzelner Zuckungen mit Ammoniakverkürzung.

Der Sartorius wurde während der Ammoniakverkürzung mit einzelnen Inductionsschlägen gereizt, die Curven auf Fick's Cylindermyographion registrirt.

Das Beispiel Fig. 4 bietet desshalb grosses Interesse, weil hier nach der Ammoniakverkürzung der Muskel nocht nicht viel weni-

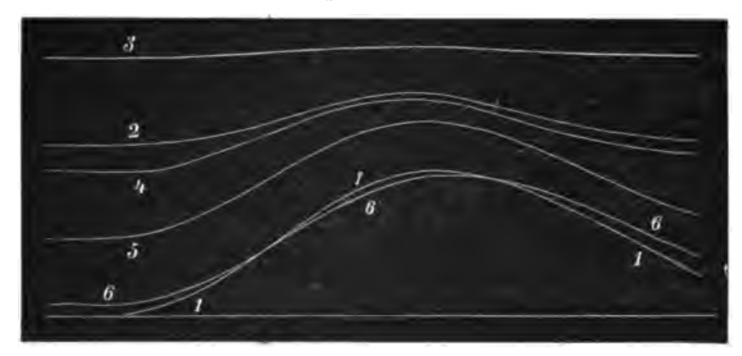


Fig. 4.

ger erregbar war, als vorher. Curve 1 ist die Zuckungscurve vor, Curve 6 die nach der Ammoniakverkürzung, 2, 3, 4 und 5 sind während der Ammoniakverkürzung in der von den Ziffern

gegebenen Reihenfolge erhalten. Es ergiebt sich aus diesem und anderen Versuchen:

Der Verkürzungszuwachs durch elektrischen Einzelreiz ist um so geringer und der Zuckungsgipfel ist um so mehr verfrüht, je grösser der Verkürzungszustand ist, bei dem die Zuckung begann. Ich mache auf die Uebereinstimmung dieses Resultates mit den Ergebnissen der Untersuchungen über Summation der Zuckungen aufmerksam, ferner auf die Beziehung zu den Beobachtungen von von Kries[1]) und von Frey[2]) über die Zuckungshöhe und den Zuckungsverlauf bei Unterstützung der Last und bei der „Selbstunterstützung“ des Muskels.

d. Ammoniakverkürzung beim ermüdeten Muskel.

Benutzt wurden die Sartorii von beiden Seiten; der eine wurde durch Inductionsschläge so lange gereizt, bis er keine Zuckungen mehr lieferte. Dann wurden beide mit Ammoniak gereizt.

Zunächst ergab sich, dass der so ermüdete Muskel noch durch Ammoniak zur Contraction gebracht werden konnte. Freilich zeigte sich, dass seine Ammoniakverkürzung geringer ausfiel, als beim unermüdeten der anderen Seite.

Ferner wurde der Einfluss der Ermüdung noch festgestellt durch Vergleichung der Verkürzungskraft des unermüdeten und ermüdeten Sartorius bei Ammoniakreizung. Das geschah mit Hülfe eines besondern Apparates, der als „Muskelkraftdifferenzzeichner“ bezeichnet werden kann. Es ist folgendermaassen eingerichtet:

An einem horizontal gestellten zweiarmigen Hebel sind beiderseits gleichweit von der Achse entfernt zwei Fäden befestigt, die nach unten hängen und an deren unteren Enden die beiden oberen Muskelenden befestigt sind. Die unteren Muskelenden sind befestigt an einem Querstück, dass so mit dem Stativ des ganzen Apparats verbunden ist, dass es möglich ist, von unten her ein Gefäss mit der Ammoniaklösung zu heben, in das beide Muskel eintauchen. Auf diese Weise ist es ermöglicht, beide Muskeln

1) Du Bois-Reymond's Archiv 1880. S. 348 und 1888. S. 537.

2) Du Bois-Reymond's Archiv 1887. S. 201.

gleichzeitig unter gleichen Bedingungen der Ammoniakwirkung auszusetzen. Es wird bei diesem Apparat der Hebel von dem stärkeren Muskel nach abwärts gezogen, also auf der Seite des schwächeren Muskels nach oben bewegt. Der Ausschlag nach der einen oder andern Seite wird durch einen an dem Hebel befestigten Zeichner in stark vergrössertem Maassstabe aufgezeichnet.

Es ergab sich nun, dass immer ein beträchtlicher Ausschlag nach der Seite des unermüdeten Muskels erfolgte. Der Betrag, um den der eine Muskel sich verkürzte, der andere gedehnt wurde, lag zwischen 1,6 bis 5,9 mm. Nur in einem Falle geschah der Ausschlag im Anfang nach der Seite des ermüdeten, dann aber auch noch nach der Seite des unermüdeten, aber in diesem Falle ist ein Fehler nicht ausgeschlossen, weil ein Häkchen, das zur Befestigung eines der Muskelenden diente, gerutscht war.

Die Grösse und die Kraft der Ammoniakverkürzung erleidet also durch die Ermüdung Einbusse, gerade so wie die der natürlichen Contraction.

e. Die Erregbarkeitsänderung durch Ammoniak.

Hier sei zunächst eine Beobachtung erwähnt, dass bei einem der Durchleitungsversuche die durch Ammoniak schon sehr herabgesetzte Erregbarkeit gegen elektrischen Reiz allmählich wieder zunahm. In Fig. 5 wurde die Dehnungscurve 1 durch elektrische

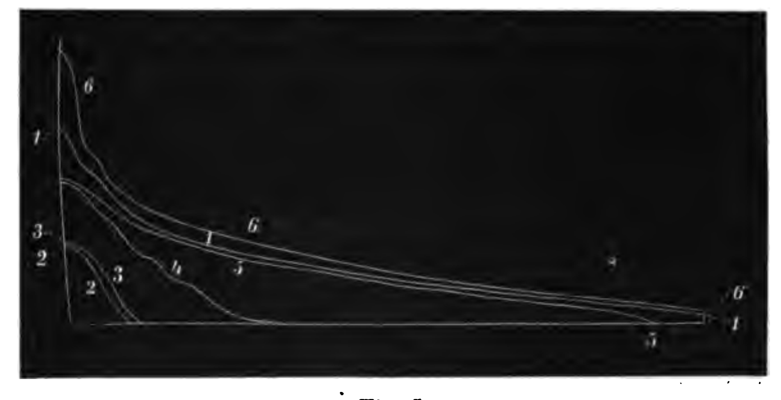


Fig. 5.

Reizung vor der Ammoniakdurchleitung erhalten, 2 nach Durchleitung einer Lösung von 10 Tropfen concentr. Ammoniaklösung in 200 ccm physiologischer Kochsalzlösung. Danach wurden

wieder elektrische Reizung vorgenommen und nach einander erhalten die Curven 3, 4, 5 und 6. Man sieht, dass die Erregbarkeit wieder zugenommen hat bis über die ursprüngliche.

In einigen der Durchleitungsversuche wurde versucht, die durch Ammoniakeinwirkung ganz vernichtete Erregbarkeit durch Ausspülung des Muskels mit Kochsalzlösung oder mit schwacher Milchsäurelösung wieder herzustellen, aber mit durchaus negativem Resultat. Zu erwähnen ist, dass bei dieser zweiten Durchspülung immer ödematöse Schwellungen der Extremitäten auftraten.

f. Schlussbemerkung. Vergleich der Ammoniakverkürzung mit der natürlichen Dauercontraction.

Die Ammoniakverkürzung stimmt in mancher Hinsicht mit der der natürlichen Contraction verwandten Contraction auf elektrischen Reiz überein, so namentlich hinsichtlich ihres ganzen Ablaufs, ferner hinsichtlich des Einflusses der Ermüdung, und schliesslich hinsichtlich der Art ihrer Summation mit der Wirkung elektrischer Reize. Auch kann kein Zweifel sein, dass sie wie die natürliche Contraction durch einen im Muskel sich abspielenden chemischen Process mit Kraftumsatz bewirkt wird, weil sonst nicht die durch sie mögliche Arbeitsleistung erklärlich wäre. Dagegen ist sie verschieden von der natürlichen Dauer-Contraction durch folgende Eigenschaften:

1. Sie ist nicht von tetanischem Charakter.
2. Sie pflanzt sich nicht wellenförmig durch die Faser fort.
3. Sie entwickelt geringere Verkürzungskraft, als die natürliche Contraction.

2. Die Veratrinverkürzung.

Die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen sind in dem kürzlich erschienenen ausgezeichneten Buche Biedermann's: „Elektrophysiologie"[1]) zusammengestellt, so dass ich unter Hinweis darauf mir ein Eingehen auf die Literatur ersparen kann und hier nur kurz das für uns Wesentliche hervorhebe.

Die Zuckung des mit Veratrin vergifteten Muskels ist zu-

1) S. 92.

sammengesetzt aus zwei Theilen: 1. einer Initialzuckung und 2. einer daran sich anschliessenden anhaltenden Contraction, die ich im Folgenden kurz als eigentliche „Veratrinverkürzung“ bezeichnen will. Oft geht die Initialzuckung in die Veratrinverkürzung so über, dass beide Theile nicht von einander gesondert erscheinen, sehr häufig aber heben sie sich von einander deutlich ab, indem die Veratrinverkürzung sich im absteigenden Schenkel der Initialzuckung aufsetzt und von da zunächst noch zunimmt, um später wieder langsam abzunehmen. (Siehe die Figur 46 bei Biedermann S. 93.)

Zwischen der Veratrinverkürzung und der Ammoniakverkürzung bestehen nun viele Aehnlichkeiten. Die Veratrinverkürzung verläuft im Allgemeinen ähnlich wie die Ammoniakverkürzung, sie gleicht auch einer sehr verzögerten Zuckung. Sie ist ferner geringer beim ermüdeten Muskel, oft ist sie nach wenigen Zuckungen nicht mehr zu erhalten. Sie ist, wie die Untersuchungen von Fick und Böhm[1]) lehren, nicht von tetanischem Charakter; sie pflanzt sich ferner nicht wellenförmig fort, wenn der Muskel partiell vergiftet ist, sondern betrifft immer nur die vergifteten Stellen. Gegen die Gleichartigkeit beider Verkürzungen lässt sich nicht die Thatsache anführen, dass bei der Ammoniakverkürzung das Gift direct erregend wirkt, bei der Veratrinvergiftung zunächst nur erregbarkeitssteigernd, so dass die Veratrinverkürzung erst durch einen andern den Muskel treffenden Reiz ausgelöst wird, denn wir haben ja, wie das schon oft ausgesprochen ist, Grund zu der Annahme, dass Erregung und Erregbarkeitsteigerung nur graduell verschieden sind. Da liegt die Frage nahe, ob auch die Kraft der Veratrinverkürzung, gerade so wie die der Ammoniakverkürzung, geringer ist, als die bei elektrischer Reizung.

a) Verkürzungskraft der Veratrinverkürzung.

Die Untersuchung gestaltete sich aus dem Grunde einfach, weil in der ganzen Zuckung des Veratrinmuskels schon als erster Theil die Initialzuckung vorhanden ist, die ihrem Verhalten nach der gewöhnlichen Zuckung entspricht. Man braucht also bloss die

---

1) Würzburger Verhandl. N. F. Bd. 3 1872 und A. Fick, Myothermische Untersuchungen. Wiesbaden 1889. S. 75.

Kraft, die während des zweiten Theils, der eigentlichen Veratrinverkürzung, entwickelt wird, mit der der Initialzuckung zu vergleichen. Zu dem Zwecke wurde eine isometrische und isotonische Zuckung auf die Trommel des Cylindermyographions registrirt und das Verhältniss $\frac{\text{isometrische Höhe}}{\text{isotonische Höhe}}$ für verschiedene Zeitpunkte gemessen. Unserer Erwartung nach muss dieses Verhältniss bei der Veratrinverkürzung kleiner sein, als bei der Initialzuckung.

Zu berücksichtigen ist bei diesen Versuchen die schnelle Abnahme der Veratrinverkürzung bei mehreren aufeinander folgenden Versuchen. Um dadurch bedingte Fehler zu vermeiden, wurde immer erst die isometrische, dann die isotonische Zuckung registrirt. Der Einfluss der Ermüdung hätte sich alsdann so geltend machen müssen, dass bei der zweiten, der isotonischen Zuckung, die Veratrinverkürzung relativ geringer hätte ausfallen müssen, als bei der isometrischen, wenn der von uns erwartete Unterschied nicht bestände. Wenn wir nun trotzdem den Unterschied in dem erwarteten Sinne finden, so haben wir den Beweis für das Bestehen dieses Unterschiedes a fortiori erbracht.

Die Versuche wurden angestellt am Doppelsemimembranosus und -gracilis, sowie am Gastrocnemius von veratrinisirten Fröschen. Die Präparate waren oben mit dem Spannungszeichner, unten mit dem Längenzeichner verbunden.

Fig. 6 giebt den Anfang einer Curve wieder, die so erhalten wurde, oben die Spannungscurve, unten die Längencurve. In der Längencurve ist die Initialzuckung von der Veratrinverkürzung zu unterscheiden. Der Unterschied in der entwickelten Verkürzungskraft im ersten und zweiten Theil der Zuckung ist sehr auffallend. Setzen wir das Verhältniss $\frac{\text{isometrische Höhe}}{\text{isotonische Höhe}}$ im Zeitpunkt, in dem der Gipfel der isotonischen Initialzuckung liegt, gleich 1, so ist dasselbe Verhältniss im Zeitpunkt *a*, in dem die Veratrinverkürzung besteht, 0,25, also erheblich kleiner.

Noch anschaulicher wird dies, wenn wir uns zum Vergleich zwei Punkte aussuchen, in denen der Muskel dieselbe Verkürzung hatte, und zwar den einen in der Initialzuckung, den anderen in der Veratrinverkürzung. Wir können in dem Falle die zugehörigen Spannungen direct mit einander vergleichen. In Fig. 6 ist zu dem Zwecke durch den Punkt *a* in der isotonischen

Curve eine horizontale Gerade gezogen, die die Curve in ihrem Anfangsstück in b schneidet. a und b sind Punkte mit gleicher

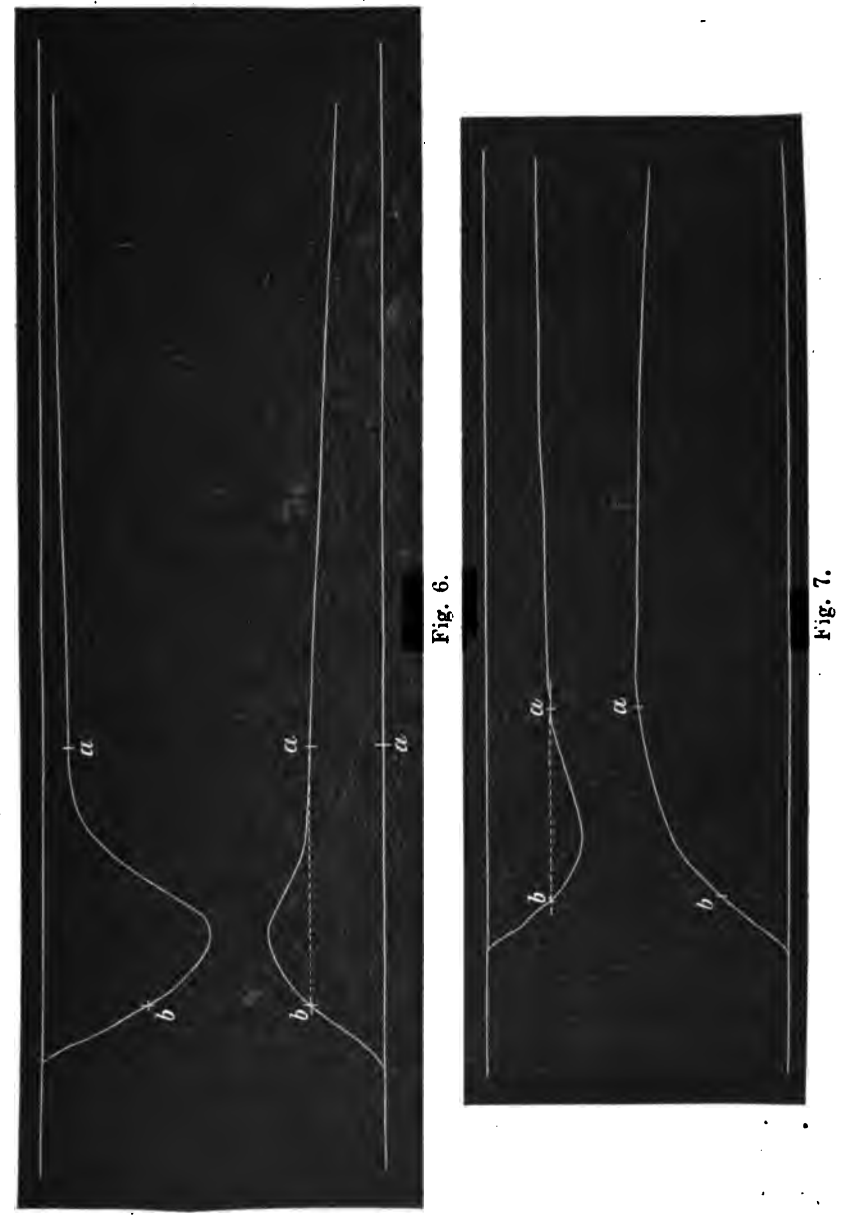


Fig. 6. Fig. 7.

Verkürzung, a im Veratrinzustande, b in der Initialzuckung. Die zugehörigen Punkte in der Spannungscurve sind mit gleichen

Buchstaben bezeichnet, die Ordinate der Spannungscurve für *a* beträgt 3 mm, die für *b* 14 mm. Der Muskel hat also unter sonst gleichen Umständen in der Initialzuckung fast 5 mal mehr Spannung entwickelt, als in der Veratrinverkürzung oder — so kann man auch sagen — der Muskel ist in der Initialzuckung weniger dehnbar als in der Veratrinverkürzung, und der gleiche Betrag der Dehnung wird in der Initialzuckung durch eine fast 5mal grössere Kraft bewirkt, als in der Veratrinverkürzung. Der Muskel war in dem Versuche mit 10 gr belastet, seine Länge betrug rund 4 cm, die Verkürzung in den Punkten *a* und *b* rund 4 mm, also $^1/_{10}$ der ganzen Länge des Muskels, die Spannung in *a* 106 gr, in *b* 494 gr, also zeigt sich die Verschiedenheit der Dehnbarkeit darin, dass der mit 10 gr belastete 36 mm lange Muskel in der Initialzuckung durch 494 gr, in der Veratrinverkürzung durch 106 gr bis zur Länge 40 mm gedehnt wird. Diese Betrachtung soll dazu dienen, das verschiedene Verhalten des Muskels in der Initialzuckung und Veratrinverkürzung zu veranschaulichen; streng genommen ist sie ja nicht zulässig wegen des bekannten Einflusses der Spannung auf den Contractionsprocess.

Noch auffallender zeigte sich dies Verhalten in solchen Fällen, in denen die isotonische Initialzuckung in die Veratrinverkürzung so überging, dass sie von ihr nicht getrennt zu erkennen war, siehe Fig. 7. Hier tritt die in der isotonischen Zeichnung nicht erkennbare Initialzuckung in der isometrischen Zeichnung in Erscheinung, und hier ist die Spannung der Veratrinverkürzung auch absolut kleiner, als die der Initialzuckung, obwohl die Verkürzung der Veratrinverkürzung grösser ist als die der Initialzuckung.

Hier ist es zweckmässiger je einen Punkt in der Initialzuckung und Veratrinverkürzung zum Vergleich aufzusuchen, wo die isometrische Curve dieselbe Spannung anzeigt, z. B. *b* und *a*. Die zu *b* gehörige Ordinate der isotonischen Curve beträgt 9 mm, die zu *a* gehörige 19 mm, also mehr als doppelt soviel. Die gleiche Kraft von 300 gr dehnt hier den mit 10 gr belasteten Muskel in der Initialzuckung von 36 mm Länge auf 40 mm, in der Veratrinverkürzung von 31,5 mm auf 40 mm.

Es entwickelt also auch die Veratrinverkürzung gerade so wie die Ammoniakverkürzung weniger Kraft, als die Contraction auf elektrischen Reiz hin.

b) Einfluss der Spannung auf die Wärmeentwicklung der Veratrinverkürzung.

Aus der Thatsache, dass die Ammoniakverkürzung und Veratrinverkürzung keine Contractionswelle zeigen, lässt sich entnehmen, dass die eigentliche Contraction ein von der Reizleitung gesondert aufzufassender Vorgang ist. Es spielen sich deshalb bei der natürlichen Contraction und der auf elektrischen Reiz hin zwei Vorgänge im Muskel ab:

1. Ein Process A, der die Ursache der wellenförmigen Fortleitung der Erregung ist — Reizleitung.

2. Ein Process B, der sich danach in contractilen Elementen abspielt und die directe Ursache der Verkürzung ist — eigentliche Contraction. Bei letzterem Acte wird die zur Arbeitsleistung des Muskels nöthige Kraft umgesetzt.

Nun wissen wir seit den Untersuchungen Heidenhain's, dass die Vermehrung der Spannung den in Form der entwickelten Wärme gemessenen Kraftumsatz des Muskels steigert. Es fragt sich nun: Wird die Vergrösserung des Kraftumsatzes bewirkt durch eine Einwirkung der Spannung auf den Process A oder auf den Process B? Auf diese Frage sollen die folgenden Versuche Antwort geben.

Wenn in der Gesammtzuckung des Veratrinmuskels die beiden Theile, Initialzuckung und Veratrinverkürzung, gesondert von einander bestehen, und etwa der Process B nicht durch die Spannung beeinflusst würde, sondern nur A, so wäre zu erwarten, dass in der isometrischen Zuckung die eigentliche Veratrinverkürzung nicht mehr Wärme liefert, als in der isotonischen. Unterschiede in der Wärmebildung bei isometrischer und isotonischer Zuckung würden also nur auf Verschiedenheiten des Kraftumsatzes während der Initialzuckung beruhen. Nun ist jedenfalls der Antheil der Initialzuckung an der Gesammtwärmebildung bei der Veratrinzuckung nur ein geringer. Dies lässt sich wenigstens vermuthen auf Grund der Untersuchungen von Fick und Böhm[1]) über die Wärmeentwicklung des Veratrinmuskels. In dem von ihnen mitgetheilten Versuchsbeispiel gab der Veratrinmuskel bei der Einzelzuckung einen Ausschlag der Galvanometernadel von 20

---

1) a. a. O.

Skalentheilen, während der unvergiftete Muskel der anderen Seite bei der Zuckung keinen merklichen Ausschlag erkennen liess. Würden nun bei isometrischer und isotonischer Zuckung des Veratrinmuskels nur Unterschiede in der Wärmebildung der Initialzuckung, nicht solche bei der eigentlichen Veratrinverkürzung bestehen, so würde der Unterschied der Gesammtwärmebildung jedenfalls so gering ausfallen, dass er noch innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen würde.

Diese Ueberlegung veranlasste uns, Untersuchungen über die Wärmeentwicklung bei isometrischer und isotonischer Zuckung des Veratrinmuskels anzustellen. Die Untersuchung geschah in bekannter Weise nach der von Fick ausgearbeiteten Methodik.

Es ergab sich nun, dass die isometrische Zuckung des Veratrinmuskels doch erheblich mehr Wärme liefert als die isotonische. Ich führe ein Beispiel an; der zu erwähnende Versuch ist deshalb als besonders gut gelungen anzusehen, weil die Veratrinverkürzung trotz der vielen Zuckungen, die der Muskel ausführte, nur langsam geringer wurde.

Versuch 15. Mai 1895. Nachmittags.

Nr. des Einzelversuchs	Ausschlag in Skalentheilen Isotonisch	Isometrisch
1.	167,5	
2.		250,0
3.	90,5	
4.		197,5
5.	89,0	
6.		139,5
7.	68,5	
8.		113,5
9.	67,5	
10.		108,5
11.	63,5	
12.		105,5
13.	65	
14.		94,5
15.	51,5	
16.		80,5
17.		71,5
18.	43,5	
19.		71,0
20.	51,0	
21.	50,5	
22.		63,5
23.	28,5	
24.		48,5
25.	20,0	
26.		46,0
27.	16,0	

Zur Beurtheilung des Versuches mögen auch einige in Figur 8 wiedergegebene Curven dienen, die bei dem Versuche erhalten wurden. Die Nummern neben den Curven geben an, zu welchen in der Tabelle angeführten Versuchen die Curven gehören. 27 ist bei kleinerer Umdrehungsgeschwindigkeit der Kymographiontrommel erhalten, als die anderen. Die wiedergegebenen Curven sind nur die Anfänge der ganzen in den Versuchen erhaltenen.

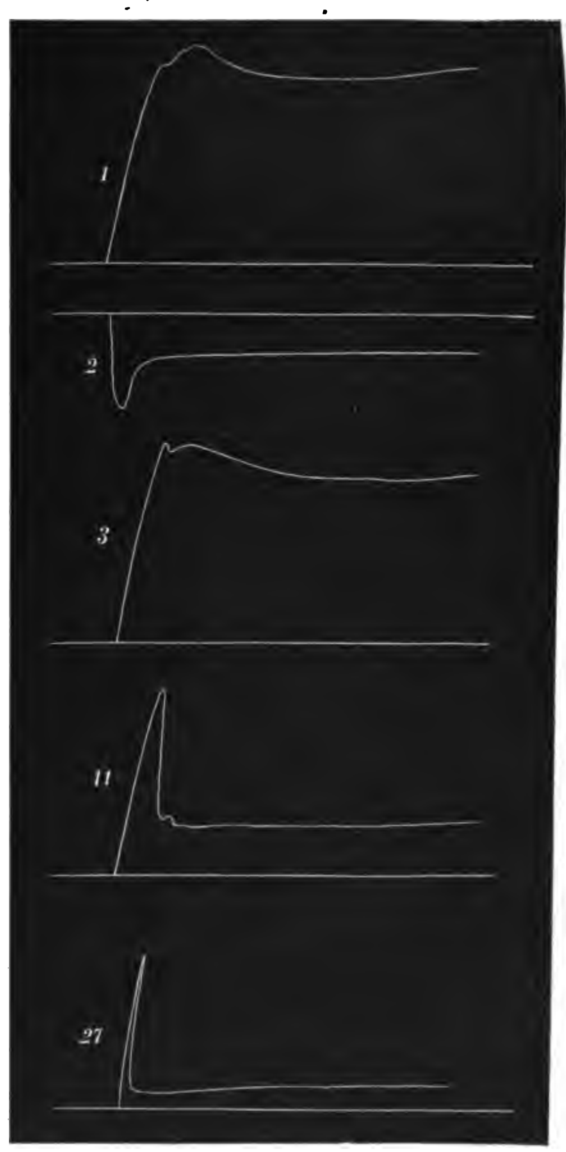


Fig. 8.

Diese Versuche beweisen nun allerdings noch nicht, dass der Process B durch die Spannung beeinflusst wird. Es könnte nämlich möglich sein, dass der Process A, der sich ja in der Initialzukkung abspielt, durch die Spannung so verändert wird, dass er nun auch einen grösseren Kraftumsatz bei der Veratrinverkürzung bewirkt. Wenn diese Möglichkeit auch gerade nicht sehr wahrscheinlich ist, so muss sie immerhin berücksichtigt werden und wir werden noch in anderer Weise zu

untersuchen haben, ob der Process B durch die Spannung beeinflusst wird oder nicht. Das kann nun in der Art geschehen, dass man beide Male den Muskel sich in der Zeit, wo die Initialzuckung abläuft, isotonisch contrahiren lässt, und ihn das eine Mal erst dann bis zur Ruhelänge dehnt, wenn die Initialzuckung abgelaufen ist, so dass die Veratrinverkürzung allein isometrisch verläuft. Die so erhaltene Wärme wird verglichen mit der bei einer ganz frei isotonischen erhaltenen. Es ist leicht einzusehen, dass solche Versuche ohne Schwierigkeit anzustellen sind.

Auch da hat sich nun immer noch eine vermehrte Wärmebildung bei der isometrischen Veratrinverkürzung ergeben. Als Beispiel diene folgender Versuch:

Versuch 17. Mai 1895. Nachmittags.

Nr.	Isotonisch	Dehnung gleich nach der Initialzuckung
1.	22,5	
2.		62,5
3.	21,0	
4.		33
5.	23,0	
6.		25,5
7.	21,0	
8.		24,0
9.	22,5	

Die Curven des Längenzeichners der ersten 5 Versuche gebe ich in Fig. 9 wieder. Zu bemerken ist, dass es bei Curve 2 zweifelhaft sein könnte, ob die Dehnung auch erst nach beendeter Initialzuckung erfolgt ist, aber die grossen Unterschiede in der Wärmebildung zwischen der 2. (isometrischen) Zuckung einerseits und den 1. und 3. (isotonischen) Zuckungen anderseits lassen sich doch wohl schwerlich dadurch erklären, dass noch ganz zum Schlusse der Initialzuckung die Spannung erhöht wurde. Einwandfrei ist aber Versuch 4; hier ergiebt die Curve, dass die Dehnung sicher erst nach abgelaufener Initialzuckung erfolgte.

Diese Versuche beweisen also, dass der Process B durch die Spannung beeinflusst wird. Natürlich ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass der Process A ausserdem auch noch in dem erwähnten Sinne beeinflusst wird.

c. Einfluss der Spannung auf den Ablauf der Veratrinverkürzung.

Die einfachste Versuchsanordnung zur Untersuchung des Ein-



Fig. 9.

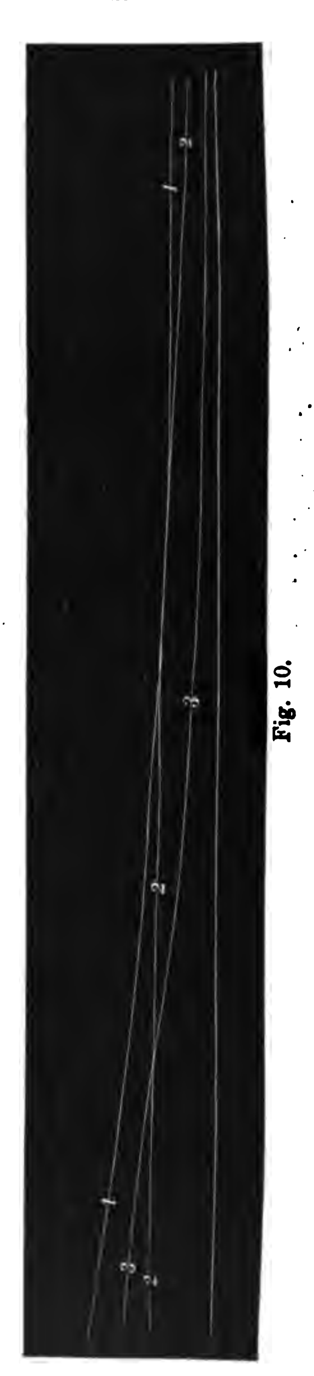


Fig. 10.

flusses der Spannung auf den Ablauf der Verkürzung ist die der Anschlagzuckung. Das Endstück der Anschlagzuckung fällt bei der Zuckung des unermüdeten zimmerwarmen Muskels meist später als das der zum Vergleich gezeichneten isotonischen. Diese Verspätung ist wahrscheinlich bedingt durch den von der Spannungsvermehrung während des Anschlags verursachten grösseren Kraftumsatz. Danach würde zu erwarten sein, dass auch bei der Veratrinverkürzung das Endstück einer Zuckung mit Anschlag später fällt, als das bei isotonischer Muskelthätigkeit.

Bei den Versuchen wurde erst eine isotonische, dann eine Anschlagszuckung, schliesslich wieder eine isotonische registrirt und zugesehen, wie sich die Lage des Abstiegs der Anschlagzuckung zu dem der beiden isotonischen verhielt. Wäre unsere Vermuthung richtig, so müsste der Abstieg der Anschlagzuckung über den der ersten isotonischen hinausgehen oder, da die Ermüdung auf die Veratrinverkürzung sehr schnell einwirkt, ihm wenigstens näher liegen, als dem Abstieg der zweiten isotonischen. Das ist nun in der That einige Male beobachtet worden, wir haben Fälle, wo der Abstieg der Anschlagzuckung den der ersten isotonischen berührt, z. B. Fig. 10, in der die Curve 1 den Abstieg der ersten isotonischen, 2 den der Anschlagzuckung, 3 den der zweiten isotonischen Zuckung wiedergiebt, meist aber ist freilich kein wesentlicher Unterschied zu sehen, sondern der Abstieg der Anschlagszuckung liegt ungefähr mitten zwischen den beiden isotonischen.

Diese Erscheinung hat wahrscheinlich darin ihren Grund, dass die Vergrösserung des Kraftumsatzes durch die Spannungsvermehrung bei der Veratrinverkürzung relativ geringer sein dürfte, als bei dem unvergifteten Muskel. Die Wirkung des Veratrins und die der Spannung beruhen ja wohl auf einer Erhöhung der Erregbarkeit; nun ist es möglich, dass die Erregbarkeitserhöhung durch die Spannung relativ geringer ausfällt, wenn vorher schon die Erregbarkeit durch das Veratrin stark gesteigert worden ist. Es tritt daher das durch die Erregbarkeitserhöhung bedingte Hinausgehen der Anschlagzuckung über die isotonische nicht mehr so deutlich in Erscheinung, als beim unvergifteten Muskel. Dass thatsächlich bei der Veratrinverkürzung die Spannung einen relativ geringeren Einfluss auf den Kraftumsatz ausübt, als beim unvergifteten Muskel, ergiebt sich noch aus Folgendem:

Es ist bekannt, dass der Einfluss der Spannung auf die Wärmebildung um so geringer wird, je mehr der Muskel ermüdet ist. Das macht sich darin geltend, dass das Verhältniss $\frac{\text{isometrische Wärme}}{\text{isotonische Wärme}}$ mit fortschreitender Ermüdung immer kleiner wird. Es zeigt sich nun in unseren Wärmeversuchen am Veratrinmuskel etwas anderes. Das genannte Verhältniss (isometrische Wärme dividirt durch das Mittel der Wärme der vorhergehenden und folgenden isotonischen Zuckungen) ist z. B. in dem S. 510 angeführten Versuch folgendes:

Für Versuchs-Nr. 2. = 1,9
4. = 2,2
6. = 1,8
8. und 10. = 1,7
12., 14., 16. und 17.[1]) = 1,6
19. = 1,5
22. = 1,6
24. = 2,0
26. = 2,6

Es sinkt also der Quotient wohl im Anfang, danach findet aber wieder ein Ansteigen statt. Das Sinken des Quotienten erfolgt so lange, wie nach Ausweis der Curven die Veratrinverkürzung noch beträchtlich ist; das Ansteigen in dem Masse, als die Initialzuckung hauptsächlich hervortritt, die Veratrinverkürzung aber schwindet. Dies Verhalten würde nicht erklärlich sein, wenn man annimmt, dass die Spannung die Wärmebildung bei der Initialzuckung allein und die bei der ganzen Veratrinzuckung in gleichem Maasse beeinflusst. Es ist aber leicht erklärlich, wenn man annimmt, dass die Veratrinverkürzung durch die Spannung weniger beeinflusst wird, als die Initialzuckung allein. Dadurch ist es bedingt, dass im Anfang, wo die Veratrinverkürzung den grössten Antheil an der Wärmebildung hat, der Quotient kleiner ist, als zuletzt, wo die Initialzuckung den grössten Theil der Wärme liefert. Das durch Ermüdung bedingte Sinken des Quotienten tritt zuerst in Erscheinung, so lange wie die Veratrinverkürzung im Allgemeinen noch über die Initialzuckung vorwiegt.

---

1) In Versuch 16 und 17 folgen zwei isometrische Zuckungen aufeinander; hier wurde das Mittel der beiden zur Rechnung benutzt.

Kehren wir nun zur Betrachtung der Anschlagzuckungen zurück. Die Thatsache, dass in einigen Fällen das Endstück der Anschlagzuckung an die vorhergehende isotonische heranreicht, während die folgende isotonische viel früher fällt, lässt doch den fördernden Einfluss der Spannung auch bei der Veratrinverkürzung erkennen. Wenn dieser Einfluss überhaupt existirt, dann muss auch zugegeben werden, dass der andere uns bekannte Einfluss der Spannung, nämlich die hemmende Wirkung auf die Verkürzung bei der Veratrinverkürzung besteht; denn die Thatsache, dass in der Regel der Abstieg der Anschlagzuckung mitten zwischen die Abstiege der vorhergehenden und folgenden isotonischen Zuckung fällt, muss dann dadurch bedingt sein, dass die fördernde Wirkung der Spannung durch die gleichzeitig mit auftretende hemmende hier ziemlich genau aufgehoben ist.

Hier mag beiläufig noch die Mittheilung einer Beobachtung am Ammoniakmuskel nachgeholt werden. Die der Veratrinverkürzung verwandte Ammoniakverkürzung lässt auch den hemmenden Einfluss der Spannungsvermehrung auf die Verkürzung erkennen. Das geht aus der Thatsache hervor, dass nach einer auch nur kurz dauernden Dehnung des Muskels im Zustande der Ammoniakverkürzung der Muskel gegen vorher immer beträchtlich verlängert ist.

Die mitgetheilten Beobachtungen berechtigen zu der Behauptung, dass sowohl die fördernde als auch die hemmende Wirkung der Spannung auf den Ablauf der Contraction auf einer Beeinflussung des Processes B, d. i. des eigentlichen Contractionsprocesses, beruht. Ob auch der Process A, d. i. die Reizleitung, beinflusst wird, lässt sich auf Grund der Beobachtungen nicht sagen.

3. Die Dauercontraction bei Durchleitung eines constanten Stromes durch den Muskel.

Auch hier verweise ich betreffs der Literatur auf Biedermann's Buch, und hebe nur Folgendes hervor: Die genannte Dauercontraction ist, wie schon Wundt[1]) hervorgehoben hat, nicht tetanischer Natur[2]); auch pflanzt sie sich nicht wellenförmig

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. S. 549.

2) Es kommen freilich auch rhythmische Zuckungen während der Durch-

fort, sondern bildet einen Wulst an der Kathode. Andererseits stimmt die genannte Dauercontraction mit dem elektrischen Tetanus in manchen wesentlichen Eigenschaften überein. Hier sei vor allem eine noch nicht veröffentlichte von Herrn Professor Fick gemachte Beobachtung erwähnt, die er mir mündlich mitgetheilt hat: Er hat durch myothermische Untersuchung festgestellt, dass die Dauercontraction auch durch einen Kraftumsatz im Muskel bewirkt wird. Ferner sei erwähnt, dass die Dauercontraction beim ermüdeten Muskel geringer ist, als beim unermüdeten.

Die durch den constanten Strom bedingte Dauercontraction scheint also im Wesen der Ammoniak- und Veratrinverkürzung gleich zu sein. Es fragt sich daher auch hier wieder, ob ihre Verkürzungskraft geringer ist, als die der Zuckung.

a) Verkürzungskraft der Schliessungsdauercontraction.

Untersucht wurden der Gastrocnemius und das Präparat vom Doppelsemimembranosus und -Gracilis. Der Strom wurde von drei Daniell geliefert und durch Stiefelelektroden und mit Kochsalzlösung getränkten Baumwollenfäden dem Muskel zugeleitet. Es wurde abwechselnd das isotonische und isometrische Verfahren angewendet.

Die Verkürzungskraft der Dauercontraction wurde verglichen mit der der Schliessungszuckung. Fig. 11 giebt so erhaltene Curven

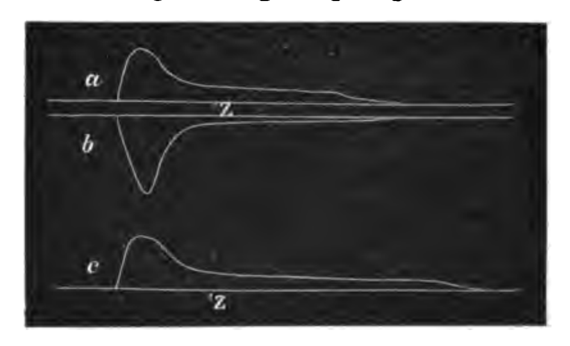


Fig. 11.

wieder, die vom Gastrocnemius erhalten wurden. *a* ist eine isotonische, *b* die darauf folgende isometrische, *c* wieder eine isotonische

leitung vor, die aber von der gewöhnlich zu erhaltenden glatten Dauercontraction deutlich unterschieden sind.

Curve. Der Unterschied in der Verkürzungskraft liegt klar zu Tage. Während die Grösse der Verkürzung bei der Dauercontraction in dem Zeitpunkt *z* etwa 0,27 der der Zuckung beträgt, wurde in dem entsprechenden Zeitpunkt nur 0,07 der Verkürzungskraft der Zuckung durch die Dauercontraction entwickelt.

Durch die geringere Verkürzungskraft dürfte wohl auch die ferner von uns beobachtete Thatsache bedingt sein, dass die Dauercontraction um so geringer ist, je grösser die Belastung des Muskels ist.

b) Einfluss der Ermüdung auf die durch den constanten Strom bedingte Dauercontraction.

Es ist bekannt, dass die Dauercontraction bei Ermüdung des Muskels abnimmt, aber anders wie die Zuckungshöhe der Schliessungszuckung. Biedermann giebt an, dass die Schliessungsdauercontraction widerstandsfähiger ist als die Schliessungszuckung; wenn ein Muskel durch wiederholte Schliessungen bei unveränderter Stromrichtung ermüdet wird, nimmt die Schliessungszuckung rasch an Grösse ab und bleibt alsbald ganz aus, während die Dauercontraction nur langsam bei fortschreitender Ermüdung des Muskels an Grösse abnimmt. Die Anfangszuckung ist längst verschwunden, wenn noch immer jede neue Schliessung den Muskel zu dauernder Verkürzung in fast gleichem Grade anregt, wie zu Anfang des Versuches.

Diese Angaben Biedermann's sind aber nach unseren Erfahrungen nicht allgemein gültig. Wir haben sowohl am Gastrocnemius als am Doppelsemimembranosus und Gracilis auch den Fall beobachtet, dass die Dauercontration bei der Ermüdung rascher abnimmt, als die Zuckung, und schliesslich unmerklich geworden sein kann, wenn die Zuckung noch eine erhebliche Verkürzung giebt. Fig. 12 liefert den Beweis, *a* ist die Curve eines unermüdeten Gastrocnemius, *b* die des ermüdeten. In *a* beträgt die Höhe der Dauercontraction etwas über 0,5 der der Zuckung, in *b* nur noch 0,25.

Uebrigens zeigt sich in der Figur 77 bei Biedermann auch wenigstens im Beginn der Versuchsreihe eine raschere Abnahme der Dauercontraction, als der Zuckung.

Die Thatsache, dass in einigen Fällen die Dauercontraction

mit fortschreitender Ermüdung schneller, in anderen langsamer abnimmt, als die Schliessungszuckung, weist darauf hin, dass beide Vorgänge unabhängig von einander durch die Ermüdung beein-

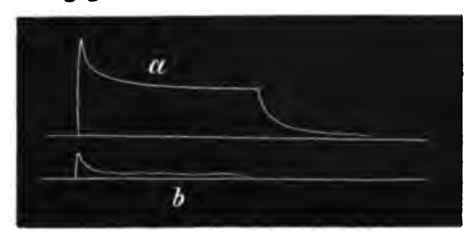


Fig. 12.

flusst werden, mithin nicht gleichartig sein können. Das ist ja auch verständlich, weil nach dem vorhin Gesagten bei der Zuckung der Process A, d. i. die Reizleitung, dem Process B, d. i. der eigentlichen Contraction, vorausgeht, während bei der Dauercontraction nur Process B sich im Muskel abspielt. Wenn man annimmt, dass Process A und Process B in verschiedener Weise durch die Ermüdung beeinflusst werden, so kann man den Thatsachen gerecht werden.

Zu erwähnen ist noch, dass wir in einigen Fällen beobachtet haben, dass die Schliessungsdauercontraction beim ermüdeten Muskel während der Dauer des Stromes nicht stetig abnahm, wie gewöhnlich beim unermüdeten, sondern nach der Schliessungszuckung zuerst noch zunahm, um dann erst abzunehmen. Es wird der Verlauf der Dauercontraction so dem der Veratrinverkürzung ähnlich.

c) Einige andere Beobachtungen über die Schliessungsdauercontraction.

Hier ist zunächst erwähnt, dass wir die Dauercontraction bei dem Präparate des Doppelsemimembranosus und -Gracilis durchweg geringer erhielten, als beim Gastrocnemius.

Ferner haben wir die Dauercontraction bei curaresirtem und nicht curaresirtem Muskel untersucht. Wir fanden meist keinen wesentlichen Unterschied, nur eine Erscheinung zeigte sich zuweilen an unvergifteten Gastrochemien, die wir an vergifteten Präparaten nie beobachtet haben. Es kommt nämlich vor, dass der unvergiftete Gastrocnemius eine Dauercontraction liefert, die grösser ist als die Verkürzung der Schliessungszuckung, so dass die

Zuckung in die Dauercontraction übergeht, ohne ihren Gipfel gesondert erkennen zu lassen. Um festzustellen, dass diese Erscheinung durch den Nerven bedingt war, wurde untersucht, ob sie auch dann noch vorhanden war, wenn die Nervenendigungen im Muskel durch einen im Nerven aufsteigenden constanten Strom, dessen Anode dicht am Muskel dem Nerven angelegt war, in Anelektrotonus versetzt und so weniger erregbar gemacht wurden.

Die Erscheinung war dann in der That nicht mehr vorhanden oder wenigstens geringer geworden, wie Fig. 13 lehrt.

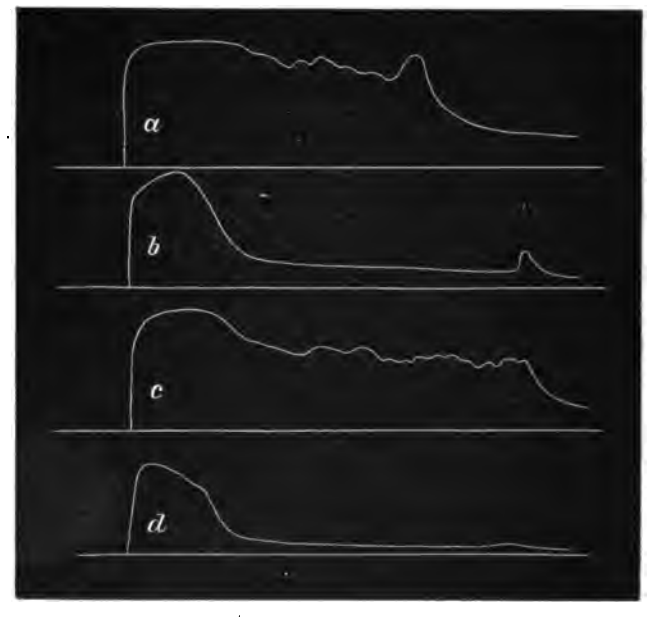


Fig. 13.

Hier sind *a* und *c* zwei Versuche ohne Anelektrotonus, *b* der zwischen *a* und *c* angestellte Versuch mit Anelektrotonus der Nervenenden. Ferner verschwand die Erscheinung und machte dem gewöhnlich zu beobachtenden Verhalten des Muskels Platz, wenn der Muskel ermüdet wurde. Auch das spricht für die Betheiligung der Nervenenden, weil wir ja wissen, dass bei Ermüdung zunächst die Nervenendigungen früher gelähmt werden, als die Muskelfasern selbst. Fig. 13 *d* stellt die Curve dar, die erhalten wurde von demselben Muskel, der *a*, *b* und *c* lieferte, aber nachdem er mässig ermüdet war.

Wenn die genannte Erscheinung durch Mitbetheiligung der

Nervenenden bedingt ist, so kann bei ihr unser Process A nicht fehlen, der ja das Bindeglied in der Reizübertragung vom Nerven in die contractile Substanz ist. Es kann demnach diese Erscheinung nicht eine Dauercontraction von der Art der beim curaresirten Muskel zu erhaltenden sein. Dies lässt sich auch erkennen in der Form der Curve; dieselbe zeigt häufig Unregelmässigkeiten, die auf fibrilläre Zuckungen hindeuten. Die Zuckungen sind noch

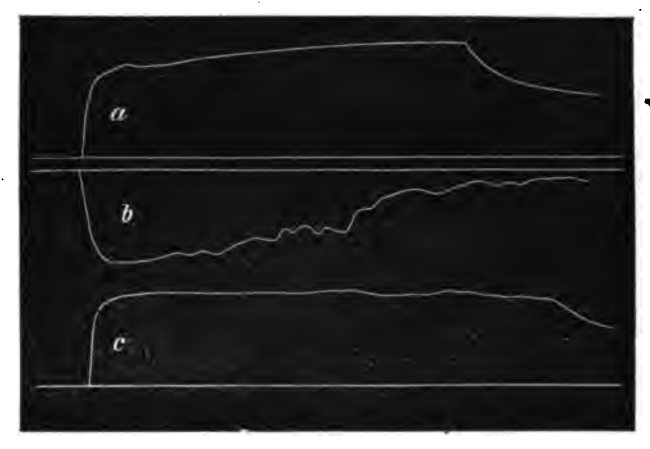


Fig. 14.

besser zu erkennen, wenn in solchem Falle die Spannung registrirt wird, wie das Fig. 14 zeigt. Auch ist die Verkürzungskraft hier nicht in dem Grade verringert, wie bei der gewöhnlichen Schliessungsdauercontraction. In Fig. 14 ist *a* eine isotonische, *b* eine isometrische, *c* wieder eine isotonische Curve.

4. Die Starreverkürzung.

Auf die Analogieen zwischen Contraction und Starreverkürzung hat Hermann[1]) aufmerksam gemacht, ferner neuerdings Bernstein[2]), der aber auch, wie mir scheint mit vollem Rechte, hervorhebt, dass die Gerinnung nicht die Ursache der Verkürzung sein kann, und annimmt, dass die Gerinnung die Ursache dafür ist, dass die Faser nach der Verkürzung sich nicht wieder ausdehnt. Hier möchte ich hervorheben, dass auch die Starrever-

1) Handbuch der Physiologie Bd. I.

2) a. a. O.

kürzung, wie die bisher erwähnten Dauercontractionen, sich von dem elektrischen Tetanus unterscheidet:

1. durch das Fehlen des tetanischen Charakters,

2. durch Mangel der Contractionswelle: Durch partielle Erwärmung kann man den Muskel partiell in Starreverkürzung bringen,

3. durch geringere Verkürzungskraft; letzteres ist von Fick[1]), sowie neuerdings von Gad und Heymans[2]) nachgewiesen worden.

Wir haben untersucht, ob die Ermüdung auf die Verkürzungskraft der Starreverkürzung Einfluss hat, und zwar sowohl bei Zeitstarre als bei Wärmestarre. Die Untersuchung wurde wieder vorgenommen mit dem Muskelkraftdifferenzzeichner. Das Becherglas, das bei den Ammoniakversuchen die Ammoniaklösung enthielt, war hier bei den Zeitstarreversuchen leer und diente als feuchte Kammer — es war dazu mit einem Deckel mit passenden Oeffnungen für die Fäden etc. versehen —, bei den Wärmestarreversuchen enthielt es Wasser von 45° C. Die Versuche wurden mit den Gastrocnemien von beiden Seiten angestellt. Der eine Muskel war vorher bis zur Unerregbarkeit durch einzelne Inductionsschläge ermüdet worden.

a) Zeitstarre.

Die Präparate standen bei Zimmertemperatur meist 2 Tage, in manchen Fällen auch 3 oder gar 4 Tage. Es wurde gezeichnet auf eine feststehende Schreibfläche, die von Zeit zu Zeit verstellt wurde. Es ergab sich:

1. Ein Ausschlag nur nach der Seite des ermüdeten von 1,92[3]), 0,47 und 1,77 mm in 3 Fällen.

2. Ausschlag im Anfang nach der Seite des unermüdeten in 2 Fällen (0,21 und 1,04 mm), bald danach aber nach der Seite des ermüdeten (0,57 und 0,31 mm), auf welcher Seite der Ausschlag blieb.

3. Zuerst auch Ausschlag nach der Seite des unermüdeten in 2 Fällen (0,31 und 0,156), danach nach der Seite des ermüdeten

---

1) Würzb. Verhandl. N. F. Bd. 19. 1884.

2) Du Bois-Reymond's Archiv 1890. Suppl. S. 59.

3) Die Zahlen geben an, um wie viel der eine Muskel gedehnt, der andere verkürzt wurde.

(0,10 und 0,57), schliesslich wieder nach dem Unermüdeten (0,47 und 0,17 mm).

Sehr oft überwog also die Verkürzungskraft des ermüdeten Muskels. Dass der Ausschlag im Anfang nach der Seite des ermüdeten Muskels gehen würde, liess sich erwarten, weil nach den bisherigen Erfahrungen der ermüdete Muskel schneller starr wird, als der unermüdete. Auffallend war aber, dass der Zeiger später sehr häufig nicht auf die andere Seite ging, wenn auch der unermüdete starr wurde. Diese Thatsache lässt sich nicht in Einklang bringen mit der Annahme, dass die Starreverkürzung gleichartig mit der natürlichen Contraction sei.

b) Wärmestarre.

Um die Starre bei beiden Muskeln gleichzeitig eintreten zu lassen, wurden die Versuche mit Wärmestarre gemacht. Beide Muskeln wurden gleichzeitig in Wasser von 45° eingetaucht, worauf die Starreverkürzung sehr rasch begann. Es ergab sich:

1. Ausschlag nur nach der Seite des unermüdeten in 8 Fällen (2,60; 1,35; 0,83; 1,04; 1,04; 1,35; 0,52; 1,56).
2. Ausschlag nur nach der Seite des ermüdeten in 3 Fällen (1,56; 0,83; 0,83).
3. Ausschlag erst nach der Seite des unermüdeten in 2 Fällen (0,78; 0,78), danach nach der Seite des ermüdeten (0,38; 0,05).
4. Ausschlag erst nach der Seite des ermüdeten in 3 Fällen (0,16; 0,31; 0,10), danach nach der anderen (0,16; 0,99; 0,57).

Ferner wurden mit Wärmestarre auch Versuche gemacht, in denen die beiden Muskel einzeln starr gemacht wurden und jeder einzelne mit einem Spannungszeichner verknüpft war. Hier ergab sich, dass in 3 Fällen die Spannung des ermüdeten, in 1 die des unermüdeten grösser war, in einem weiteren ergab die Curve, dass die des ermüdeten im Anfang grösser war, schliesslich aber die des unermüdeten.

Hier überwiegt nun meist die Verkürzungskraft des unermüdeten Muskels, indess sind die Fälle doch auch häufig, wo der ermüdete Muskel mehr Kraft entwickelt, als der unermüdete. Darin zeigt sich also keine Uebereinstimmung zwischen Contraction und Starreverkürzung. Auf die Bedeutung dieser Thatsache komme ich in den theoretischen Betrachtungen zurück.

5. Die Tiegel'sche Contractur.

Tiegel[1]) hat beobachtet, dass bei directer Reizung des Muskels besonders häufig im Frühjahr nicht eine einfache Zuckung erfolgt, sondern eine an die Zuckung sich anschliessende Dauerverkürzung. Ich habe Gelegenheit gehabt, eine Erscheinung zu beobachten, die offenbar der Tiegel'schen Contractur verwandt ist, wenn sie auch in ihrem Verlaufe einige Verschiedenheiten von den Angaben Tiegel's zeigt. Bei Gastrocnemien von Frühjahrsfröschen erhielt ich nämlich zuweilen bei Reizung mit nicht zu starkem Einzelreiz nicht eine Einzelzuckung, sondern eine an die Zuckung sich anschliessende Dauercontraction, die eine ungemeine Aehnlichkeit mit der Veratrinverkürzung zeigte, also auch allmählich wieder zurückging. Ich habe nun ferner auch in solchen Fällen die Spannungsentwicklung bei isometrischem Acte registrirt. Es zeigte sich auch da Uebereinstimmung mit der Veratrinverkürzung insofern als während der Dauercontraction die Spannung relativ viel geringer war, als bei der Zuckung im Anfang. Die erhaltenen Curven sehen ganz so aus, wie die vom Veratrinmuskel erhaltenen. Ferner sei erwähnt, dass sich auch ein Einfluss der Ermüdung, gerade so wie beim Veratrinmuskel zeigte.

Mehr kann ich über diese gelegentlich beobachtete Erscheinung nicht aussagen. Ich wollte aber doch auf die gefundene Uebereinstimmung zwischen dieser Contractur und Veratrinverkürzung hinweisen, weil dadurch vielleicht weitere Untersuchungen veranlasst werden, die die Frage entscheiden, ob diese Uebereinstimmung noch viel grösser ist oder nicht.

6. Theoretisches.

a) Die geordneten und ungeordneten Contractionen der contractilen Elemente.

Wir haben eine Reihe von Dauercontractionen kennen gelernt, die mit der natürlichen Contraction und dem electrischen Tetanus in mancher Hinsicht übereinstimmen, aber sämmtlich durch drei wesentliche Eigenschaften sich von diesen unterscheiden, nämlich:

---

1) Dies Archiv Bd. XIII.

a) durch Fehlen des tetanischen Charakters,

b) durch Mangel der Contractionswelle.

c) durch geringere Verkürzungskraft.

Der Mangel der Contractionswelle beruht auf dem Fehlen des Reizleitungsprocesses. Nun lassen sich, wie mir scheint, aber auch die beiden anderen Merkmale der genannten Dauercontractionen aus dem Fehlen des Reizleitungsprocesses erklären.

Die Reizleitung im Muskel bewirkt, dass eine gewisse Zahl contractiler Elemente annähernd gleichzeitig in Action tritt. Die Contractionen der einzelnen contractilen Elemente erfolgen in Längs- und Querschnitt in einer gewissen Ordnung. Contractionen mit Reizleitung sind also geordnete Contractionen der Muskelelemente.

Fehlt dagegen die Reizleitung, so contrahiren sich die einzelnen Elemente unabhängig von einander, die Ordnung fehlt, wir haben es mit ungeordneten Elementcontractionen zu thun.

Der Tetanus entsteht durch Verschmelzung einzelner Zuckungen. Zuckungen sind aber geordnete Elementcontractionen. Die Reizleitung kann beim Tetanus also nicht fehlen. Den tetanischen Charakter einer Dauercontraction erkennen wir daher auch an den mit einander verschmolzenen Zuckungen. Bei untermaximalem Tetanus und bei geringer Reizfrequenz lassen sich die einzelnen Zuckungen oft schon in der Curve erkennen, die der tetanisirte Muskel zeichnet; bei hoher Reizfrequenz und maximalem Tetanus erkennen wir die Zuckungen wenigstens noch an den elektrischen Phänomenen, die der Muskel liefert.

Dauercontractionen, die auf ungeordneten Elementcontractionen beruhen, sind zwar wohl auch discontinuirlicher Natur, weil sie in einer Verschmelzung der Contractionen der einzelnen Elemente bestehen. Aber hier wird man die discontinuirliche Natur der Dauercontraction mit den uns zur Verfügung stehenden Hülfsmitteln nicht wahrnehmen können, weil der Antheil des einzelnen Elements an der Curve oder an den elektrischen Phänomenen zu gering ist. Den Antheil des einzelnen Elements in einer solchen Dauercontraction werden wir also gerade so wenig erkennen, wie etwa den Antheil des einzelnen Tropfens an dem gleichmässigen Geräusch, das ein Regen erzeugt. So erklärt sich auch der Mangel des tetanischen Charakters der in Rede stehenden Dauercontractionen aus dem Fehlen der Reizleitung.

Die Thatsache, dass die Verkürzungskraft dieser Dauercon-

tractionen geringer ist, als die des Tetanus resp. der Zuckung beweist, dass in gleichen Zeiten bei ersterem ein geringerer Kraftumsatz statt hat, als bei letzterem. Die Bedingungen zu einer grossen Kraftentwicklung sind nun aber bei der Zuckung und bei dem aus Zuckungen zusammengesetzten Tetanus in Folge der Reizleitung sehr günstig, weil die Reizleitung es bewirkt, dass sehr viele contractile Elemente annähernd gleichzeitig in Bewegung kommen. Bei den ungeordneten Elementcontractionen ist ein Zusammenwirken möglichst vieler contractilen Elemente auf einmal weniger leicht möglich, als bei den geordneten. So lässt sich also auch die geringere Verkürzungskraft auf das Fehlen der Reizleitung zurückführen.

Für die geringere Verkürzungskraft giebt es noch eine andere Erklärungsmöglichkeit, auf die ich jetzt eingehen will. Man könnte sich vorstellen, dass ein Muskel zwei verschiedene Arten contractiler Elemente enthielte, und dass bei Zuckung und Tetanus beide, bei den soeben als „ungeordnete Elementcontractionen" bezeichneten Verkürzungen nur eine von beiden in Action treten. In letzterem Falle wäre die entwickelte Kraft natürlich geringer als im ersteren.

Von welcher Beschaffenheit könnten nun die beiden Arten contractiler Elemente sein? Es scheint mir nicht angängig, hier zur Erklärung die Zusammensetzung der Muskeln aus verschiedenen Fasern, rothen und blassen, heranzuziehen, denn es dürfte schwer sein, zu beweisen, dass nur immer die eine Art von Ammoniak, Veratrin, constantem Strom beeinflusst und von der Starreverkürzung betroffen wird, die andere nicht. Eher könnte man daran denken, die beiden Arten contractiler Substanz im Sarkoplasma einerseits, in den Fibrillen anderseits zu suchen. Aber auch da ergeben sich Schwierigkeiten. Die contractile Substanz der Fibrillen, so nimmt man an, hat sich aus der des Sarkoplasma differenzirt. Wir müssen demnach doch immer beide Arten contractiler Substanz als nahe verwandt ansehen. Da ist es doch schwer begreiflich, dass sie sich einer Reihe verschiedenartiger Einwirkungen gegenüber so verschieden verhalten. Anderseits ist zu bedenken, dass mit der Annahme, die geringere Verkürzungskraft sei durch Contraction nur einer Art contractiler Substanz bedingt, die beiden anderen wesentlichen Merkmale nicht erklärt sind. Diese beruhen auf dem Mangel der Reizleitung. Den Mangel

der Reizleitung müssen wir also doch auch annehmen. Da sich daraus nun aber auch die geringere Verkürzungskraft schon ohnehin erklären lässt, scheint mir die Zurückführung der Erscheinungen auf verschiedene Arten contractiler Substanz nicht mehr nöthig. Ohne also von vorneherein leugnen zu wollen, dass diese verschiedenen Arten im Spiele sein können, muss ich doch gestehen, dass zur Zeit neben der Theorie von den „ungeordneten Elementcontractionen" weitere Annahmen überflüssig erscheinen.

Die Theorie von den ungeordneten Elementcontractionen ist übrigens eine Consequenz der Vorstellung, die Pflüger von den chemischen Processen im ruhenden und thätigen Muskel und ihrer Beziehung zur Contraction gegeben hat. Danach ist der chemische Process im ruhenden Muskel von dem des thätigen nicht qualitativ, sondern nur quantitativ verschieden. Im ruhenden Muskel finden die Zersetzungen bald hier, bald da regellos statt, aber in so geringer Quantität, dass der Muskel durch die geringen und regellos vertheilten Verkürzungskräfte keine sichtbare Gesammtcontraction erhalten wird. Bei der Zuckung erfolgen die Zersetzungen der Molecüle in grösserer Quantität in geordneten Reihen und alle annähernd gleichzeitig. Nun ist es denkbar, ja sogar wahrscheinlich, dass zwischen Ruhe und Zuckung eine Uebergangsform vorkommt, bei der dieselbe Regellosigkeit der Einzelzersetzungen statt hat, wie in der Ruhe, bei der aber doch die Gesammtzersetzung soweit gesteigert ist, dass es nun zu sichtbaren Contractionen kommen kann. Diese Uebergangsform stellen unsere „ungeordneten Elementcontractionen" dar.

b) Besonderheiten der Starreverkürzung.

Die Starreverkürzung unterscheidet sich sowohl von den anderen ungeordneten, als auch von den geordneten Elementcontractionen durch ihr Verhalten beim ermüdeten Muskel. Während bei allen anderen Contractionen die Verkürzungskraft mit der Ermüdung abnimmt, ist sie bei der Starreverkürzung des ermüdeten Muskels nicht so verändert, ja oft grösser als die des unermüdeten. Wodurch ist das zu erklären?

Es wird vielfach angenommen, dass die Starreverkürzung auf einer letzten Contraction des Muskels während des Absterbens beruhe. Der Process der Wiederausdehnung nach der Verkürzung

falle bei der Starreverkürzung weg, in Folge dessen bleibe der Muskel im contrahirten Zustand, auch ohne dass der Zustand der Contraction durch fortwährenden Kraftumsatz aufrecht erhalten werden müsse. Ausbleiben des Erschlaffungsprocesses, der auf einer Assimilation oder Regeneration der contractilen Substanz beruhen soll, sowie Mangel eines fortwährenden Kraftumsatzes sind also für den Zustand der Starreverkürzung nach dieser Ansicht charakteristisch.

Diese Auffassung würde zur Erklärung unserer am ermüdeten und unermüdeten Muskel gemachten Beobachtungen ausreichen. Das ermüdete contractile Element muss ja auch der Starreverkürzung anheimfallen, wenn es abstirbt; es wird dabei dieselbe Kraft entwickeln, wie das unermüdete, weil bei letzterem die bleibende Contraction nicht auf dem stetigen Kraftumsatz beruht, sondern auch auf dem Ausbleiben des Erschlaffungsprocesses.

Aber mit dieser Erklärung kommen wir doch nicht weit, weil sie mit einer anderen Thatsache im Widerspruch steht. Wenn der Erschlaffungsprocess bei allen contractilen Elementen ausbleibt, so müssten diese Elemente und mithin der Muskel schliesslich ad maximum contrahirt sein, folglich auch die Verkürzungskraft der Starreverkürzung mindestens so gross sein, wie beim maximalen Tetanus. Das ist aber nicht der Fall, im Gegentheil ist die Verkürzungskraft der Starreverkürzung beträchtlich geringer, als die des Tetanus.

Diese Thatsache deutet darauf hin, dass der Erschlaffungsprocess doch vorhanden ist und dass sich die Starreverkürzung doch auch hinsichtlich des Erschlaffungsprocesses verhält, wie die anderen ungeordneten Elementcontractionen. Eine solche Auffassung widerspricht aber wieder den am ermüdeten Muskel beobachteten Thatsachen. Es fragt sich nun, ob wir nicht eine Erklärung finden können, die keiner Thatsache widerspricht.

Es ist nun thatsächlich ein Ausweg zu finden, wenn man annimmt, dass der Erschlaffungsprocess nicht ein einheitlicher Vorgang ist, sondern aus zwei gesonderten Processen besteht, von denen bei der Starreverkürzung nur der eine eintritt, der andere nicht. Es erschlaffen dann die contrahirten Elemente nicht vollständig, nur theilweise; sie bleiben im contrahirten Zustand fixirt, aber nicht in maximaler Contraction. Mit dieser Auffassung sind die beiden

erwähnten, anscheinend widersprechenden Beobachtungen leicht zu vereinigen.

Ich habe diese Auffassung schon früher [1]) einmal entwickelt, und zwar in etwas bestimmterer Form. Ich will daran hier kurz erinnern. Ich ging dabei aus von der Ansicht Pflüger's, dass die Contraction beruhe auf der Gestaltveränderung der Protoplasmamolecüle, die durch einander anziehende Kohlenstoff- und Sauerstoffatome hervorgebracht wird. Die bei der Contraction vereinigten Atome werden danach aus dem Molecul abgespalten, und damit lässt die Contraction nach. Nun brauchen die Molecüle nach dieser Abspaltung noch nicht die Form zu haben, durch die die Ruhelänge des Muskels bedingt ist; sie könnten noch verkürzt sein und der Rest der Verkürzung könnte danach rückgängig gemacht werden durch einen Regenerations- oder Assimilationsprocess, der die Molecüle wieder in den Zustand überführt, den sie vor der Erregung hatten.

Betreffs des Zustandekommens der Starreverkürzung habe ich damals schon die Ansicht geäussert, dass in den Molecülen des ruhenden Muskels die Processe: Anziehung der Atome, Abspaltung derselben und dann die Regeneration nacheinander vor sich gehen, aber nicht gleichzeitig so viele Molecüle in geordneten Reihen in Action treten, wie im thätigen Muskel. Die Verkürzungskraft, die durch Anziehung der Atome bedingt ist, tritt hier nach aussen nicht so sehr in Erscheinung, sondern macht sich mehr in inneren Spannungsänderungen geltend. Schliesslich bleibt aber der Regenerationsprocess aus, weil der Muskel abstirbt, denn der todte Muskel ist nicht mehr mit dem Regenerationsvermögen begabt. Nun behalten die Molecüle ihre verkürzte Form bei, aber die Kraft der Verkürzung entspricht demnach nicht der der maximalen Contraction.

Für die Annahme, dass der zweite Theil des Erschlaffungsprocesses ein Regenerationsprocess sei, lassen sich mancherlei Gründe geltend machen; insbesondere habe ich selbst in der citirten Abhandlung Beobachtungen mitgetheilt, die dafür sprechen. Deshalb möchte ich vorläufig noch an dieser Ansicht festhalten, obwohl es noch eine andere Erklärungsmöglichkeit für die in Rede stehenden Erscheinungen giebt.

---

1) Dies Archiv Bd. 52. S. 117.

Man könnte nämlich annehmen, dass der Erschlaffungsprocess sich bei Starreverkürzung gerade so abspielt, wie bei der natürlichen Contraction, dass aber der Muskel in contrahirtem Zustande fixirt wird durch etwas anderes, nämlich durch die Gerinnung. Diese Erklärung ist von Bernstein[1]) gegeben worden; ihre Möglichkeit ist jedenfalls zuzugeben. Indess scheint mir, dass sie doch nicht vollständig ausreicht zur Erklärung aller Thatsachen, denn im Sinne dieser Ansicht müsste doch wohl die vom ermüdeten Muskel bei der Starreverkürzung entwickelte Kraft geringer sein, als die vom unermüdeten. Anderseits scheint mir allerdings die Thatsache, dass bei der Zeitstarre der anfängliche Ausschlag nach der Seite des ermüdeten Muskels nicht rückgängig gemacht wird, wenn auch der unermüdete erstarrt, am einfachsten erklärt zu werden durch Bernstein's Ansicht.

Es schliessen sich nun die Hypothese von dem Ausbleiben der Regeneration und die von der Betheiligung der Gerinnung nicht gegenseitig aus und man wird vielleicht am besten den Thatsachen gerecht, wenn man beide Factoren zulässt.

c) Combination der geordeten und ungeordneten Elementcontractionen.

Es ist natürlich nicht ausgeschlossen, dass geordnete und ungeordnete Elementcontractionen sich gleichzeitig im Muskel abspielen können. Dies kommt in der That vor bei der Einwirkung des constanten Stromes auf den Muskel, und zwar nicht nur bei dem unvergifteten, sondern auch beim curaresirten. Es kommen auch beim curaresirten Muskel während der Schliessung des Stromes zuweilen rhythmische Zuckungen vor, die sich mit der Dauercontraction combiniren, und mehr oder weniger in einander übergehen können (vergl. z. B. Biedermann, Elektrophysiologie S. 168 und 169, Fig. 82 und 83). Dies beruht offenbar darauf, dass auch die hypothetischen Reizleitungsorgane durch den constanten Strom erregbar sind, aber in der Regel bedeutend schwächer, als die contractilen Elemente. Nur in manchen Fällen ist ihre Erregbarkeit viel höher, als in der Norm. Die Combination der geordneten und und ungeordneten Elementcontractionen hängt natürlich ganz von

1) a. a. O.

dem verschiedenen Erregbarkeitszustand des Reizleitungsorgans und der contractilen Elemente ab, bald wird mehr die Erregung der letzteren, bald die der ersteren überwiegen und es ist leicht ersichtlich, dass so eine grosse Mannigfaltigkeit der Erscheinungen möglich ist. Thatsächlich sind auch die Contractionen, die man bei Durchleitung eines constanten Stromes erhält, bei verschiedenen Präparaten äusserst mannigfaltig; es gleicht kaum eine genau der anderen.

d) Die Ermüdung des Reizleitungsorgans und der contractilen Substanz.

Es wurde oben gezeigt, dass die Ermüdung auf die Schliessungszuckung und die Schliessungsdauercontractionen nicht gleichmässig wirkt; bald nimmt erstere mit Zunahme der Ermüdung schneller bald langsamer ab. Das muss zurückgeführt werden auf Verschiedenheiten in der Ermüdung des Reizleitungsorgans und der eigentlichen contractilen Substanz. Diese Annahme erscheint vielleicht auf den ersten Blick hin befremdend, weil doch auch an der Zuckung die contractilen Elemente betheiligt sind und man daher meinen sollte, dass ihre Ermüdung sich hier gerade so geltend macht, wie bei der Schliessungsdauercontraction. Indessen ist zu bedenken, dass die Art der Reizung bei Zuckung und Dauercontraction verschieden ist, bei der Zuckung werden die contractilen Elemente indirect durch Vermittlung des hypothetischen Reizleitungsorgans gereizt, bei der Schliessungsdauercontraction direct. Nun ist es denkbar, dass hier zwischen directer und indireckter Reizung ein gleicher Unterschied besteht wie zwischen directer und indirecter Reizung des ganzen Muskels. Es ist ja bekannt, dass bei gleicher Reizstärke die Reizung vom Nerven aus grösseren Erfolg hat, als die directe Reizung des Muskels. Nun ist ferner bekannt, dass mit zunehmender Ermüdung das umgekehrte Verhalten eintrifft; es wird die directe Reizung wirksamer, als die indirecte, weil die Nervenendigungen im Muskel, d. s. die Reizleitungsorgane für die Uebertragung des Reizes aus den Nerven in den Muskel, durch die Ermüdung mehr geschädigt werden, als die Muskelfasern selbst. Nun wäre aber der Fall denkbar, dass aus irgend welchen Gründen die Muskelsubstanz einmal weniger resistent als die Nervenendigungen wären, dann würde der normale Unterschied in der

Wirkung der directen und indirecten Reizung noch grösser werden. Thatsächlich haben wir einmal beobachtet, dass die directe Muskelreizung mit zunehmender Ermüdung schneller abnahm, als die indirecte. Eine durch diese Beobachtung veranlasste Untersuchung ergab freilich, dass solche Fälle jedenfalls sehr selten sind.

In ähnlicher Weise wie Nervenendorgan und Muskel könnten nun auch das hypothetische Reizleitungsorgan der Muskelfaser und die eigentlichen contractilen Elemente sich gegen die Ermüdung verschieden verhalten, so dass auch in einigen Fällen die indirecte, in anderen die directe Reizung der contractilen Elemente schneller unwirksam würde.

e) Die Beziehung der negativen Schwankung zum Reizleitungsprocess und zum Contractionsprocess der contractilen Elemente.

Die Ergebnisse unserer Betrachtungen scheinen mir geeignet, zwischen zwei verschiedenen zur Zeit bestehenden Ansichten über die Beziehung der negativen Schwankung zum Erregungsprocess zu vermitteln. Darauf will ich noch kurz eingehen.

Die beiden Ansichten, um die es sich handelt, sind vor Kurzem in zusammenfassender Darstellung einerseits von Bernstein in seinem Lehrbuch der Physiologie, anderseits von Biedermann in seiner Elektrophysiologie gegeben worden. Unter Hinweis darauf beschränke ich mich hier auf die Wiedergabe des Wesentlichsten. Bernstein giebt an, dass die negative Schwankung der Verkürzung in einem jeden contractilen Element um so viel vorausgehe, dass sie bei der Zuckung der kurzen Froschmuskeln ganz in das Stadium der latenten Reizung fällt. Er sieht in der negativen Schwankung den Ausdruck des mit dem Kraftumsatz verbundenen Erregungsprocesses. Biedermann erkennt die negative Schwankung auch als Ausdruck des Erregungsprocesses an, da aber der Muskel auch während seiner Contraction noch in erregtem Zustande ist, so kann sie nicht einfach ganz der Verkürzung vorausgehen, sondern muss sich über einen gleichen Zeitraum erstrecken, wie die Verkürzung selbst. Biedermann beruft sich auf die Versuche von Lee[1]), der thatsächlich gefunden hat, dass die ne-

1) Du Bois-Reymond's Archiv 1887.

gative Schwankung bedeutend länger dauert, als frühere Autoren angegeben hatten.

Hierzu möchte ich bemerken, dass jede von beiden Ansichten für sich allein Bedenken erweckt. Gegen Biedermann lässt sich anführen, dass der zeitliche Verlauf der Curve der negativen Schwankung, wie auch Lee hervorhebt, nicht mit der Zuckungscurve übereinstimmt und dass der grösste Theil der negativen Schwankung doch vor der Contraction abgelaufen ist. Gegen Bernstein lässt sich die Thatsache geltend machen, dass Spannungsänderungen während der Verkürzung noch eine Aenderung des Contractionsacts und vor Allem eine Aenderung des Kraftumsatzes zur Folge hat. Wie sollte der Unterschied in dem Kraftumsatz der isotonischen und isometrischen Zuckung zu erklären sein, wenn man annimmt, dass der chemische Process, mit dem der Kraftumsatz verknüpft ist, schon vor dem Beginn der Verkürzung resp. Spannungsentwicklung beendigt ist?

Unserer Auffassung nach giebt es eine Möglichkeit, die Thatsachen zu erklären, die zwischen den Ansichten Biedermann's und Bernstein's vermittelt. Wir haben gesehen, dass zwei Processe nach einander im zuckenden Muskel verlaufen, nämlich 1. der Process A, d. i. die Reizleitung, und 2. der Process B, d. i. die eigentliche Contraction in den contractilen Elementen. Nun fragt sich, ob die negative Schwankung durch A oder durch B oder durch beide bedingt ist. Darauf ist zu antworten, dass der Process B zweifellos betheiligt sein muss, denn Biedermann[1]) hat gefunden, dass Muskelpartieen, die sich in Veratrinverkürzung befinden, elektrisch negativ gegen ruhende sind. Das schliesst aber nicht aus, dass ausserdem noch der Process A betheiligt ist; ja es könnte so sein, dass zwar beide zusammenwirken, dass aber dem Process A ein grösseres Antheil zukommt als dem Process B. Es wäre dann die ganze negative Schwankung eine Combination von zwei Schwankungen, deren eine, die grössere, durch den der Contraction vorausgehenden Reizleitungsprocess bedingt wäre, während die andere, die kleinere, der Ausdruck des eigentlichen Contractionsprocesses wäre.

Ich will das hier nur kurz andeuten; in wie weit diese Auf-

1) Sitzungsber. der Wiener Akad. math.-naturw. Cl. III. Abthlg. Bd. 81. S. 107.

fassung berechtigt ist, werden weitere Untersuchungen lehren müssen. Mir scheint eine Untersuchung über den Einfluss der Spannung auf den Verlauf der negativen Schwankungen wichtige Aufschlüsse in dieser Frage liefern zu können.

f) Zusammenfassung und Schluss.

Ich fasse die Ergebnisse unserer Untersuchungen und der daran angeknüpften Betrachtungen in folgende Thesen zusammen:

1. Es giebt geordnete und ungeordnete Contractionen der contractilen Elemente des Muskels; letztere sind von ersteren verschieden durch den Mangel der Reizleitung und durch die dadurch bedingte nicht tetanische Natur der Contraction und geringere Verkürzungskraft.

2. Die ungeordneten Contractionen haben unter anderem folgende Ursachen:
   1. chemische Einwirkungen: Ammoniak- und Veratrinverkürzung,
   2. der constante Strom: Schliessungsdauercontraction,
   3. gewisse noch nicht näher bekannte Zustände des Muskels: Tiegel'sche Contractur.

3. Geordnete und ungeordnete Elementcontractionen können sich combiniren, z. B. in der Schliessungsdauercontraction.

4. Auch die Starreverkürzung beruht auf ungeordneten Elementcontractionen, ist aber von den anderen ungeordneten Contractionen verschieden durch das theilweise Ausbleiben der Erschlaffung. Das Ausbleiben der Erschlaffung beruht unserer Ansicht nach auf zwei Factoren:
   a) dem Ausbleiben eines besonderen an der Erschlaffung mitbetheiligten Regenerationsprocesses,
   b) der Fixation des Muskels in verkürztem Zustande durch die Gerinnung.

5. Das die Reizleitung in der Muskelfaser vermittelnde Organ und die contractilen Elemente werden beide in ihrer Erregbarkeit durch die Ermüdung geschädigt, aber beide unabhängig von einander, so dass in einigen Fällen das eine, in anderen die anderen schneller ermüden.

6. Spannungsvermehrung wirkt auf die eigentlichen Elementcontractionen ebenso ein, wie auf die ganze Zuckung, und zwar:

a) fördernd auf den Kraftumsatz,
b) fördernd auf die Verkürzung und
c) hemmend auf die Verkürzung.

Kritische Bemerkungen zu Seegen's Abhandlung „Muskelarbeit und Glycogenverbrauch"[1].

Von

Dr. **Fr. Schenck.**

Von vielen Physiologen wird zur Zeit angenommen, dass die Muskelcontraction auf einem unmittelbaren Umsatz chemischer Spannkraft in mechanische Arbeit beruhe. Nach dieser Annahme ist die Muskelcontraction ein Problem der physikalischen Chemie und es darf erwartet werden, dass wir neue wesentliche Aufschlüsse über das Wesen dieses Vorgangs erhalten werden durch combinirte Untersuchung der chemischen und physikalischen Aenderungen des Muskels in der Thätigkeit. Es ist daher eine kürzlich erschienene Arbeit Seegen's zu begrüssen, in der der Versuch gemacht wird, die Beziehung des Glyogenumsatzes zur Arbeitsleistung des Muskels festzustellen. Die Ueberlegungen aber, die Seegen an seine Beobachtungen anknüpft, geben zu grossen Bedenken Anlass. Durch die folgenden Zeilen soll der Nachweis erbracht werden, dass die Schlüsse Seegen's durchaus unberechtigt sind und zugleich aufmerksam gemacht werden auf gewisse Regeln, die bei weiteren derartigen Untersuchungen nicht ausser Acht gelassen werden dürfen.

Seegen lässt durch den vom Nerven aus künstlich gereizten Musculus quadriceps von Hunden Arbeit leisten — zu dem Zwecke war

---

1) Du Bois Reymonds Archiv 1895. S. 242.

die durchschnittene untere Sehne des Muskels mit dem zu hebenden Gewicht verknüpft. Ausserdem bestimmt er die Glycogenabnahme im Muskel während der Thätigkeit. Er findet nun, dass die geleistete Arbeit nur einen sehr geringen Theil der Kraft repräsentirt, die bei der Verbrennung des verschwundenen Glycogens frei geworden sein kann, meist weniger als 5 %. Da nun nach Helmholtz und Fick reichlich der vierte Theil der Arbeit chemischer Kräfte im Muskel für äussere mechanische Arbeit verwendet werden kann, so soll das Glycogen nicht das Brennmaterial für die Körperarbeit bilden können, denn die Ausnutzung der vom Glycogen gelieferten Kraft bliebe ja weit unter jener zurück, die beim Muskel thatsächlich beobachtet wird. Seegen schreibt daher dem Glycogen die Aufgabe zu, für erhöhte Wärmebildung bei stärkerer Arbeitsleistung aufzukommen, während der Blutzucker als eigentliche Quelle der Muskelkraft dienen soll.

In dieser Ueberlegung steckt ein Widerspruch. Seegen berücksichtigt nicht, dass in dem von Helmholtz und Fick der Berechnung des Nutzeffects zu Grunde gelegten Gesammtkraftumsatz auch der durch Verbrennung des Glycogens bewirkte Kraftumsatz mit eingeschlossen ist. Helmholtz und Fick berechnen den Nutzeffect für die gesammte im Körper frei werdende Kraft, einerlei von welcher Substanz sie geliefert wird, Seegen dagegen bloss für einen Theil der Kraft, nämlich nur für die vom Glycogen gelieferte. Wenn nun Seegen trotzdem einen kleineren Werth bekommt, als Helmholtz und Fick, so hätte er sich sagen müssen, dass in den Grundlagen seiner Ueberlegung irgendwo ein Fehler steckt. Es sind also entweder seine Beobachtungen nicht richtig, oder er legt seinen Beobachtungen eine verkehrte Bedeutung bei.

Die Beobachtungen werden richtig sein, aber sie sind thatsächlich von Seegen falsch aufgefasst worden. Seegen's Ueberlegungen liegt nämlich die Annahme zu Grunde:

1. dass die in seinen Versuchen erhaltene Arbeitsleistung die maximale mögliche sei;

2. dass das verschwundene Glycogen vollständig verbrannt sei.

Ersteres ist sicher falsch, für letzteres ist der Beweis nicht erbracht.

I.

Die Arbeitsleistung in Seegen's Versuchen ist nicht gleich dem maximalen Nutzeffect.

1. Seegen lässt den tetanischen Muskel Arbeit leisten durch Erheben eines an ihn angehängten Gewichts. Hierbei ist Folgendes zu bedenken. Die Arbeitsleistung des Muskels ist 0 in 2 Fällen:

1. wenn das zu hebende Gewicht gleich 0 ist;
2. wenn das zu hebende Gewicht so gross ist, dass eine Verkürzung nicht mehr möglich ist.

Gewichte von 0 bis zu dem nicht mehr zu hebenden werden vom Muskel gehoben, dabei ist aber die Arbeitsleistung des Muskels für alle die verschiedenen Gewichte nicht immer die gleiche, sondern sie nimmt mit Zunahme des zu hebenden Gewichts zunächst zu bis zu einem gewissen Maximum, um von da wieder abzunehmen bis auf 0, wenn man das Gewicht weiter zunehmen lässt[1]. Es können also bei dieser Anordnung die Werthe für die Arbeitsleistung des Muskels je nach der Grösse der Last verschieden sein; sie liegen zwischen 0 und einem bestimmten Maximum. Wahrscheinlich wird in Seegen's Versuchen, in denen die Last nach Gutdünken gewählt wurde, das Maximum selten getroffen worden sein.

2. Aber selbst wenn dieses Maximum zufällig immer getroffen sein sollte, wäre doch noch nicht der maximale Nutzeffect erhalten worden. Denn der Muskel leistet durch einfaches Erheben eines Gewichts nie die grösstmögliche Arbeit. Letztere kann er nur leisten, wenn er während des Hubes entlastet wird, oder wenn er träge Massen schleudert. Betreffs der ausführlichen Begründung dieses Satzes sei verwiesen auf die Auseinandersetzungen Fick's in seinem Compendium der Physiologie 4. Aufl. S. 14—19. In dem von Fick gewählten Beispiel leistet der Muskel durch einfache Erhebung eines an ihn gehängten Gewichts nur die Hälfte der Arbeit, die er bei Entlastung während des Hubes leisten kann. Fick hat ferner auch gezeigt, dass die Arbeitsleistung unter Entlastung oder durch Schleudern träger Massen gerade bei dem Gebrauche des Muskels während des Lebens meist die normale ist.

---

1) Siehe die Auseinandersetzungen darüber in Hermanns Lehrbuch der Physiologie 10. Aufl. S. 272 u. 273.

Beiläufig sei bemerkt, dass der Arbeitssammler Ficks so construirt ist, dass an ihm der Muskel gerade durch Schleudern träger Massen erhebliche Arbeit leistet. Das Schwungrad, das sich am Arbeitssammler befindet, stellt die Masse mit grossem Trägheitsmoment dar. Seegen hat die Bedeutung dieses wichtigen Theiles des Arbeitssammlers offenbar nicht verstanden, denn er lässt das Schwungrad bei seinem Arbeitssammler ganz weg. Deshalb muss er auch die Last an dem Faden *f* seiner Figur S. 255 sehr gross machen um erhebliche Arbeitsleistungen zu erhalten.

Seegen's Arbeitssammler leistet übrigens noch aus einem anderen Grunde sogar weniger, als die Anordnung, bei der das zu hebende Gewicht mit seiner ganzen Last von vorneherein am Muskel hängt. Das Gewicht, dass am Faden D hängt, belastet den Muskel vor dem Versuch nicht. Der Muskel muss sich also zunächst ohne Arbeitsleistung contrahirten, bis seine Spannung um das Gewicht an D gewachsen ist, dann findet erst die Verkürzung des Muskels statt. Würde das Gewicht an D von vorneherein mit seiner ganzen Last am Muskel hängen, so wäre seine Erhebung grösser, als bei Seegen's Anordnung, die dem sogenannten Ueberlastungsverfahren entspricht.

Uebrigens möchte ich vermuthen, dass bei Seegen's Arbeitssammler noch sehr viel Arbeit durch Reibung etc. verloren geht.

3. Seegen tetanisirt den Muskel[1]). Wenn beim Tetanisiren ein möglichst grosser Nutzeffect erzielt werden soll, muss die Reizung sofort aufhören, wenn die Arbeitsleistung erfolgt ist, damit nicht weitere Kraft ohne Nutzen umgesetzt wird. Seegen giebt nun thatsächlich an, dass nur durch ganz kurze Zeit hindurch tetanisirt wurde. Genaue Zeitangaben macht er nicht, man kann aber die Dauer des Tetanus entnehmen aus der Curve *a* auf Seite 253. Der Abstand der einzelnen Tetani von einander soll 2″ betragen. Nach Ausweis der Curven beträgt dann die Dauer jedes einzelnen Tetanus etwa $^2/_8$″, oder sagen wir wenigens $^1/_2$″. Die Curven lassen erkennen, dass der Tetanus nicht sofort nach der höchsten Erhebung des Gewichts aufhört, sondern noch länger anhält. Es muss also durch eine Zeit von etwa $^1/_2$″ hindurch der Muskel tetanisirt sein, ohne dass er während dessen noch mehr Arbeit leistet, und er fragt sich, wie gross die in dieser Zeit nutzlos verbrauchte Kraft sein kann.

Anhaltspunkte zur Beurtheilung dieser Frage bieten die Resultate einiger meiner Versuche über Wärmebildung des thätigen

1) Nur in Versuch IV wurde mit Induktionsöffnungsströmen gereizt, hier beträgt der Nutzeffect aber auch verhältnissmässig viel, nämlich 9,7 %.

Muskels bei verschiedenen Temperaturen[1]). In Gruppe V, S. 603 finden sich Zuckungen und Tetanus des warmen Muskels mit einander verglichen. In Seegen's Versuchen handelt es sich ja auch um den warmen Muskel. In meiner Versuchsreihe I entfällt im Mittel auf eine Zuckung: 14,8, auf einen Tetanus von 1'': 171,8 Skalentheile, also rund 12 mal mehr Wärme bei dem Tetanus, als bei der Zuckung. In Versuchsreihe II entfällt auf eine Zuckung (berechnet aus Nr. 1 und 8): 19,8, auf den Tetanus (Nr. 4 u. 5) 247, also etwa 12,5 mal mehr; in Versuchsreihe III: pro Zuckung (Nr. 1 u. 8): 8, auf den Tetanus (Nr. 4 u. 5) 153,5, also 19 mal mehr, in Versuchsreihe IV (Nr. 1 u. 8) pro Zuckung 21,4, auf den Tetanus (Nr. 4 u. 5) 324, also 15 mal mehr. In diesen Versuchen würde also für einen Tetanus von $1/2$'' das 6—10fache des Kraftumsatzes der Einzelzuckung statt haben. Die Möglichkeit, dass bei Seegen's Versuchsmuskeln auch ein solcher Unterschied bestanden hat, ist nicht auszuschliessen. Der Unterschied in der Arbeitsleistung bei Einzelzuckung und Tetanus kann aber nicht so gross sein. Die Figur auf S. 253 bei Seegen lässt zum Beispiel erkennen, dass die Arbeitsleistung im Tetanus nur etwa doppelt so gross ist, als bei Einzelzuckung. Demnach würde Seegen in Folge der unzweckmässigen Art des Tetanisirens nur etwa $1/3$ bis $1/5$ des möglichen Nutzeffects erhalten haben, also nur 5—8 % statt der von Helmholtz und Fick angegebenen 25 %. Diese Werthe müssen aber aus den unter 1 und 2 angeführten Gründen noch weit kleiner sein. Man wird nicht fehl gehen, wenn man annimmt, dass sie dadurch noch um weit mehr als die Hälfte kleiner anzunehmen sind. So erhalten wir aber Grössen, die den von Seegen meist gefundenen entsprechen.

Ich glaube damit bewiesen zu haben, dass die Arbeitsleistung in Seegen's Versuchen nicht gleich dem maximalen Nutzeffect ist.

II.

Der Beweis ist nicht geliefert, dass das in Seegen's Versuchen verschwundene Glycogen vollständig oxydirt ist.

Diese Behauptung bedarf keiner ausführlichen Begründung,

---

2) Dies Archiv Bd. 57. S. 572.

weil Seegen ja weiter nichts festgestellt hat, als dass nach der Arbeitsleistung weniger Glycogen im Muskel ist, als vorher.

Seegen discutirt auf S. 265 und 266 selbst die Möglichkeit, dass das Glycogen nicht vollständig oxydirt wird, dass es vielleicht nur gespalten worden ist. Er hält die Möglichkeit für sehr unwahrscheinlich, einmal, weil Spaltungsproducte, z. B. Milchsäure, niemals in grosser Menge im Muskel vorkommen sollen, und weil Bunge gezeigt hat, dass es eine zweckwidrige Verschwendung wäre, wenn nur die bei Spaltung frei werdenden Kräfte zur Arbeitsleistung verwendet würden.

Seegen discutirt hier aber nur eine einzige der vielen Möglichkeiten, die in Betracht kommen könnte. Deshalb ist diese Auseinandersetzung bedeutungslos.

Wunderbarer Weise bringt Seegen gleich danach eine zweite Möglichkeit vor, ohne sich aber, wie es scheint, dessen bewusst zu werden, dass er sich damit selbst widerlegt. Auf S. 266 unten schreibt er nämlich: „Es ist wohl zweifellos, dass das Glycogen, ehe es der Oxydation anheimfällt, in Zucker verwandelt wird"; und weiter S. 267 oben: „Man könnte sich denken, dass zu einer Zeit eine beträchtliche Menge Zucker als Umwandlungsproduct im Muskel vorhanden sei, und dass etwas von jenem Zucker mit dem ausströmenden Blut ausgeführt werde." Letztere Annahme macht Seegen, um die Beobachtung zu erklären, dass das aus dem thätigen Muskel ausströmende Blut zuweilen zuckerreicher ist, als das einströmende[1]). Seegen giebt damit also doch selbst zu, dass eine beträchtliche Menge des verschwundenen Glycogens noch nicht verbrannt zu sein braucht, sondern sogar noch in Form eines Kohlehydrats, aber nicht des Glycogens selbst, im Körper vorhanden sein kann.

Seegen sieht im Blutzucker die Quelle der Muskelkraft, im Glycogen nur eine Substanz für erhöhte Wärmebildung. Ehe das Glycogen verbrannt wird, wird es nun erst in Zucker umgewandelt und befindet sich zunächst als Zucker in den Gewebssäften des Muskels, wohin natürlich auch der Blutzucker gelangen muss.

1) Ich kann den Beobachtungen über den Zuckergehalt des arteriellen und venösen Blutes keinen grossen Werth beilegen, weil die Methoden der Zuckerbestimmung im Blute so unsicher sind, dass die Resultate nicht als genügend gesichert angesehen werden dürfen.

Ich möchte gerne wissen, woran nun die Muskelfaser eigentlich erkennt, welcher Zucker dem Glycogen, welcher dem Blute entstammt, welchen sie also zur Heizung, welchen sie zur Arbeitsleistung benutzen darf. Und wie verhält sich der Zucker, der aus dem Glycogen des Muskels stammt, darauf nach Seegen ins Blut gelangen soll und schliesslich nach Vollendung des Kreislaufs wieder zum Muskel hingelangt. Wird dieser jetzt auch nur zur Wärmebildung verwendet, oder ist er jetzt auch zur Arbeitsleistung befähigt, nachdem er in rechtsgiltiger Weise auch auf den Namen „Blutzucker" Anspruch machen kann?

Die Versuche Seegen's beweisen also durchaus nicht das, was Seegen damit beweisen will; es ist die vom Glycogen gelieferte Kraft nicht zu gross, um das Glycogen als Kraftquelle des Muskels gelten zu lassen. Ja im Gegentheil, in einzelnen der Versuche Seegen's ist die vom Glycogen gelieferte Kraft eher zu klein. Wenn die vom Muskel gelieferte Arbeit um das 6fache erhöht gedacht werden muss, um den maximalen Nutzeffect zu erhalten, so reicht z. B. in dem Versuche, in dem der Nutzeffect 34 % betrug, die vom Glycogen gelieferte Kraft nicht mehr aus, um die ganze Arbeitsleistung zu erklären, selbst wenn alles Glycogen vollständig verbrannt wäre, und wenn die ganze Kraft in Arbeit umgesetzt wäre, ohne dass ein Theil in Wärme übergeführt worden wäre. Es geht also aus diesem Versuche hervor, dass das Glycogen nicht die alleinige Quelle der Muskelkraft sein kann. Dies ist nun nichts Neues, denn es geht schon hervor aus der Thatsache, dass unter Umständen der Glycogengehalt der Muskeln ein minimaler und der Muskel trotzdem leistungsfähig sein kann. Seegen führt auch dies zur Stütze seiner Blutzuckerhypothese an. Ich will auch durchaus nicht leugnen, dass der Blutzucker als Kraftquelle dienen kann; dass er aber immer die Kraftquelle sein muss, ist jedenfalls nicht richtig. Denn wir können aus einem ausgeschnittenen Froschmuskel alles Blut mit physiologischer Kochsalzlösung ausspülen, ohne dass der Muskel merklich an Leistungsfähigkeit einbüsst.

Die Frage nach der Bedeutung der Kohlehydrate für den Muskel lässt sich zur Zeit dahin beantworten: Die Kohlehydrate können sehr wohl als Kraftquelle dienen, sie sind aber nicht die

einzige Kraftquelle und sie dienen höchst wahrscheinlich auch nicht als unmittelbare Kraftquelle. Auf diesen Punkt will ich schliesslich noch kurz eingehen, weil ich mich hier wieder im Gegensatz zu Seegen befinde.

Wie eingangs erwähnt, findet im Muskel wahrscheinlich eine unmittelbare Umsetzung chemischer Spannkraft in mechanische Arbeit statt. Dies ist nur dann möglich, wenn die Substanzen, die bei der Thätigkeit eine chemische Aenderung erleiden, im Muskel so beschaffen und in solcher Ordnung aufgestellt sind, dass sie bei ihrer Zersetzung alle Kraft in gleicher Richtung entwickeln. Die Molecüle, die direct als Quelle der Muskelkraft dienen, müssen also „organisirt" sein. Eine solche Organisation kommt aber nicht dem in den Gewebssäften befindlichen aus dem Blute stammenden Zucker zu, auch nicht dem Glycogen, sondern nur der eigentlichen lebendigen Substanz des Muskels, die wir uns als dem Eiweiss nahe verwandt denken. Nach der Theorie der unmittelbaren Kraftumsetzung muss also das lebendige Eiweiss die unmittelbare Kraftquelle des Muskels sein. Kohlehydrate dienen als mittelbare Kraftquelle insofern, als sie sich an dem Wiederaufbau des Eiweiss betheiligen können, aber ebensogut wie Kohlehydrate können auch andere kraftliefernde Substanzen zum Wiederaufbau dienen.

Bekanntlich ist diese Theorie von Pflüger[1]) in sehr bestimmter Form ausgesprochen worden. Pflüger nimmt an, dass das lebendige Eiweiss höchst zersetzbar und kohlenstoffreicher, als das todte ist, und dass es aus Eiweissresten und anderen kraftliefernden Stoffen, sei es Eiweiss, Fett oder Kohlehydrat durch Synthese entsteht. Hiergegen wendet nun Seegen ein, dass die Beweise für die Neubildung dieses hypothetischen Eiweisskörpers noch nicht erbracht sind. Das kann man Seegen ruhig zugeben, das hat auch noch Niemand behauptet, denn wenn man erst den Beweis für die Neubildung erbracht hätte, so wäre Pflüger's Ansicht nicht mehr Hypothese, sondern Thatsache. Pflüger's Ansicht erhält aber dadurch ihre Berechtigung, dass sie die chemischen und mechanischen Aenderungen des thätigen Muskels von einheitlichem Gesichtspunkte aus erklärt. So lange Seegen die Theorie Pflüger's nicht durch eine bessere zu ersetzen vermag, ist er nicht berechtigt, sie bei Seite zu thun; er selbst giebt keine Vorstellung

1) Dies Archiv Bd. 10 u. Bd. 50.

von der Art, wie sein Blutzucker im Muskel oxydirt wird, und vor allem giebt er gar keine Erklärung für den Vorgang der Muskelcontraction, die nach allem, was wir von ihr wissen, mit den chemischen Processen im thätigen Muskel in so unmittelbarem Zusammenhang stehen muss. Wenn Seegen gegen Pflüger vorbringt, dass die mechanische Arbeitsleistung des Muskels durch Oxydation von Kohlehydraten zu Stande kommen kann, so übersieht er dabei ganz, dass dies mit der Pflüger'schen Theorie nicht in Widerspruch steht, dass vielmehr die Pflüger'sche Theorie eine Erklärung dieses Vorgangs giebt, die Seegen selbst zu geben sich nicht bemüht.

Auch im Sinne der Pflüger'schen Theorie ist die Auffassung zulässig, dass das aus dem thätigen Muskel verschwundene Glycogen noch nicht ganz verbrannt zu sein braucht, weil auch nach dieser Theorie das Glycogen erst gewisse Umwandlungen erfahren muss, ehe die in ihm enthaltene Kraft zur Arbeitsleistung verwendet werden kann.

Beweise gegen Wundt's Theorie von der Interferenz akustischer Erregungen im Centralorgan.

Von

Dr. **Karl L. Schaefer**
in Rostock.

Die Töne zweier nicht unisoner Stimmgabeln schweben bekanntlich mit einander nicht nur, wenn die Gabeln vor dasselbe Ohr gehalten werden, sondern auch, wenn man sie auf beide Ohren vertheilt, und zwar ist dies selbst dann noch der Fall, wenn keiner der Töne durch Luftleitung um den Kopf herum zum anderen Ohr gelangen kann. Wo treffen nun hierbei die beiden Töne zusammen? Wird von jedem Ohre aus der dort eintreffende Ton durch die Kopfknochen auch zum anderen Ohre hinüber geleitet, oder begegnen die bis dahin getrennten Schallerregungen sich erst im Centralorgan und kommen dort erst zur Interferenz? Diese Streitfrage ist nicht neu, hat aber in jüngster Zeit eine besondere Wichtigkeit dadurch erlangt, dass Wundt die cerebrale Entstehung der Schwebungen acceptirt und als Stütze seiner neuen Hypothese über die Schallfortleitung im Akustikus verwandt hat.

Demgegenüber soll im Folgenden erstens gezeigt werden, dass die Entstehung binauraler Schwebungen sich unter allen Umständen zur Genüge aus der Schallübertragung von Ohr zu Ohr durch Knochenleitung erklären lässt, und dass zweitens eine cerebrale Entstehung von Schwebungen durch experimentelle Thatsachen endgültig widerlegt wird.

Sobald in einem unserer Gehörgänge Schallwellen vorhanden sind, ist in jedem Falle theoretisch die Möglichkeit gegeben, dass diese Schallwellen zum Ohre der anderen Seite gelangen und auch hier eine Schallwahrnehmung auslösen. Denn sowohl die Luft im Gehörgang des ersteren Ohres als auch das Trommelfell, das runde Fenster, das ovale Fenster und das Labyrinthwasser desselben können ihre Schwingungen auf die Kopfknochen übertragen, und

alle gleichnamigen Theile des anderen Ohres können diese von Felsenbein zu Felsenbein geleiteten Schwingungen aufnehmen und zu einer Gehörswahrnehmung verwerthen. Diese Art der Schallübertragung durch den Kopf hindurch von Ohr zu Ohr wird als innere Knochenleitung bezeichnet werden müssen im Gegensatz zur äusseren Knochenleitung, welche dann stattfindet, wenn in der uns umgebenden Luft oder in einem den Schädel berührenden festen Gegenstande vorhandene Schallschwingungen zunächst auf die Schädelknochen und erst durch deren Vermittelung auf die Gehörorgane übertragen werden.

Dass die innere Knochenleitung keineswegs etwa nur in der Theorie existirt, beweist folgender Versuch. Ich verbinde eins meiner Ohren mit dem einer anderen Person durch ein möglichst kurzes passend gebogenes Hartgummi-Schaltstück. Ich höre dann in meinem bewaffneten Ohre eben noch den Ton einer vor das freie Ohr meines Partners gehaltenen (aber seinen Schädel natürlich nicht berührenden) Stimmgabel. Dabei tönt die Gabel so leise, dass ich durch freie Luftleitung, also solange mein Ohr von dem Schaltstück getrennt ist, nichts höre. Mach [1]) hat diesen Versuch wohl deswegen mit negativem Erfolge angestellt — während er angiebt, dass es von anderen mit positivem Resultat geschehen sei — weil er statt meines Hartgummi-Schaltstückes einen zu langen Schlauch gewählt hat. In diesem Falle ist es auch mir nicht möglich gewesen, irgend etwas zu hören, obwohl ich ein an sich scharfes und durch vieljährige akustische Schwellenversuche geübtes Hörvermögen besitze.

Es fragt sich demnach nur, bis zu welcher Schallstärke oder richtiger Schallschwäche hinab die innere Knochenleitung noch Schallschwingungen von einem Ohr zum anderen so überträgt, dass letzteres noch etwas hört. Diese Frage beantwortet mein „Versuch über die intrakranielle Leitung leisester Töne von Ohr zu Ohr [2])". Seiner Wichtigkeit wegen sei derselbe hier nochmals kurz angegeben: Eine Stimmgabel wird ganz leise angeschlagen. Wenn ihr Ton völlig verklungen ist, also unmöglich noch durch Luftleitung zu einem der Ohren gelangen kann, so setzt der Beobachter einen Resonator ans Ohr, worauf der Ton sehr leise wieder zur Wahr-

---

1) Wien. Sitz.-Ber. 1864. Bd. 50. Abth. 2. S. 356.

2) Zeitschr. f. Psych. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 2. S. 111.

nehmung gelangt, und zwar wie gewöhnlich scheinbar dem Resonator entspringend. Verschliessen des anderen Ohres bewirkt nun sofort deutliche Verstärkung des Tones und Annäherung an die Medianebene, eine Erscheinung, welche, wie a. a. O. genauer ausgeführt ist, die Miterregung des zweiten Ohres zur nothwendigen Voraussetzung hat. Diese Beobachtung lässt sich, zwar mit abnehmender Deutlichkeit aber unverkennbar, bis nahe zum völligen Verklingen des Resonatortones verfolgen.

Dieses einfache, auch von anderen bestätigte Experiment [1]) beweist also das Funktioniren der inneren Knochenleitung bis nahe zur Schwelle hinab. Wie aber, wenn die Intensität des von Ohr zu Ohr zu übertragenden Tones oder Geräusches gerade den Schwellenwerth hat oder um ein Minimum unter die Schwelle sinkt? Zu dieser Frage nöthigen uns folgende Thatsachen. Im Jahre 1877 konstatirte Silvanus P. Thompson [2]), dass zwei leicht gegen einander verstimmte Gabeln, welche einzeln unhörbar sind, doch wieder Schwebungen hören lassen, wenn sie gleichzeitig vor je ein Ohr gehalten werden; dass also einzeln unhörbare Töne sich bei diotischem Zusammenwirken gewissermassen gegenseitig über die Schwelle heben. Zwei Jahre später hat dann W. Preyer in einem Vortrag „Ueber die akumetrische Verwendung des Bell'schen Telephons“ [3]) nachstehende, zuerst von Tarchanoff angestellte Beobachtung bestätigt. Wenn zwei gleichgearbeitete, in ein und denselben Induktionsstrom eingeschaltete Bell'sche Telephone an je

1) Ein Einwand gegen dasselbe ist bisher nur von E. W. Scripture (Wundt's Philos. Stud. Bd. 8. S. 639) erhoben worden. Derselbe meinte nämlich, der Resonator berühre ja den Kopf und übertrüge „ganz natürlich“ seine Schwingungen direkt durch Knochenleitung auf das andere Ohr. Davon kann jedoch — abgesehen von der hierfür besonders ungünstigen Versuchsanordnung (näheres darüber a. a. O.) — schon einfach deswegen keine Rede sein, weil nach mathematisch-physikalischen Gesetzen die Schwingungen der Wand eines funktionirenden Resonators ganz anderer Natur sind als die des Hohlraumes. Ich würde auf diesen Einwand hier gar nicht näher eingehen, wenn nicht Bernstein (dieses Archiv Bd. 57. S. 482) denselben acceptirt hätte und dadurch, wie es scheint, gegen meinen Versuch eingenommen wäre.

2) Phil. Magazine a. Journ. of science. Vol. IV. S. 274.

3) Sitz.-Ber. d. Jenaer Gesellsch. f. Med. u. Naturwiss. 1879. Sitzg. v. 21. Febr.

ein Ohr angedrückt werden, so hört man das Oeffnungs- und Schliessungsgeräusch, gleiche Hörschärfe beider Ohren vorausgesetzt, in der Mitte des Kopfes. Wird dann die Stromstärke so geschwächt, dass das Geräusch in jedem Telephon einzeln gehört, eben unter die Schwelle sinkt, so wird dasselbe doch wieder mitten im Kopf wahrgenommen, wenn man beide Telephone gleichzeitig an die Ohren drückt. Endlich hat Urbantschitsch[1]) beobachtet, dass Uhrticken diotisch noch hörbar ist, wenn es jederseits monotisch schon nicht mehr vernommen wird, und ausserdem eine Reihe den hier mitgetheilten verwandter Versuche angegeben.

Nach allem diesem wird man nicht daran zweifeln können, dass ein dem einen Ohre zugeleiteter Schall von so geringer Intensität, dass er eben noch nicht hörbar ist, über die Schwelle gehoben wird, wenn ein gleichartiger, an sich ebenfalls unmittelbar unter der Schwelle befindlicher Schall das andere Ohr trifft. Soll man nun in einem solchen Falle sich vorstellen, dass die beiden Schalle irgendwo im Gehirn zusammentreffen, sich summiren und so verstärkt über die Schwelle treten; oder wird man auch hier noch annehmen dürfen, dass von jedem Ohr. ein Bruchtheil des Schalles durch die innere Knochenleitung zur anderen Seite gelangt, der ausreicht, den hier von aussen eintreffenden Schall eben über die Schwelle zu heben? A priori läge letzterer Auffassung gegenüber die Entgegnung nahe, ein Schall, der nicht einmal mehr stark genug sei, um das nächstgelegene Ohr zu erregen, sei ganz gewiss zu schwach, als dass überhaupt noch etwas davon hörbar zum anderen Ohre gelangen könnte. Allein diesem Einwande begegnete schon lange vor meiner Untersuchung über die Feinheit der inneren Knochenleitung Fechner[2]) mit den Worten: „. . . keine Frage, dass von jedem Trommelfelle aus eine Schwingung durch das knöcherne Gehäuse, in das es unmittelbar eingefügt ist, sich nach dem anderen Ohre zu erstreckt, von der man nur fragen kann, ob sie nicht unterwegs, ehe sie zum anderen Ohre gelangt, absorbirt wird, aber wie ist das zu beweisen? An diesem Beweise schiene mir alles zu hängen, ich weiss aber keinen Weg, ihn zu führen.

1) Dieses Archiv. Bd. 31. S. 280 ff. u. Archiv. f. Ohrenheilk. XXXIII. S. 186 ff.

2) W. Preyer, Wissensch. Briefe v. G. Th. Fechner u. W. Preyer. Hamburg u. Leipzig 1890. S. 166.

Wohl zu merken, braucht der Schall, der auf irgend welchem Wege durch die Kopfknochen von einem Ohre zum anderen gelangt, nicht für sich hörbar zu sein, nicht selbst die Schwelle zu übersteigen, wenn er nur reicht, einem wenig unter der Schwelle befindlichen Schall einen zur Uebersteigung der Schwelle hinreichenden Zuwachs zu ertheilen." Wo es sich um Töne eben unmittelbar unter der Schwelle handelt, braucht nun dieser Zuwachs ja nur ein Minimum zu sein. Dass aber die innere Knochenleitung von einem Tone eben unter der Schwelle noch ein solches Minimum zur anderen Seite überleiten könne, wird man kaum bezweifeln dürfen, nachdem inzwischen erwiesen ist, dass sie einen — ja nur um ein geringes lauteren — Ton dicht über der Schwelle so stark überträgt, dass er selbstständig, ohne Summation mit einem von aussen kommenden Hülfston die Schwelle überschreitet.

Bei dieser Lage der Dinge hiesse es denn doch den Thatsachen geradezu Gewalt anthun, wenn man mit Wundt[1]) auf Grund einiger Versuche, welche zwar allenfalls die äussere Knochenleitung ausschliessen, die innere Knochenleitung aber einfach ignoriren[2]), eine cerebrale Entstehung diotischer Schwebungen für genügend bewiesen erachten wollte, um darauf eine neue Hypothese über die Fortleitung der Schallerregung innerhalb des Nervensystems aufzubauen.

Diese Hypothese lässt sich in drei Theile zerlegen:

I. Jede Akustikusfaser kann, entgegen dem Gesetz von der spezifischen Energie, jeden beliebigen durch die Schwingungen des knöchernen Akustikusgehäuses auf sie übertragenen Ton in Form

---

1) Ist der Hörnerv direkt durch Tonschwingungen erregbar? Wundt's Philos. Stud. Bd. VIII. S. 641.

2) Dieser Vorwurf muss auch Ewald (dieses Archiv Bd. 57. S. 80 ff.) gemacht werden, und sein Versuch über „die centrale Entstehung von Schwebungen zweier monotisch gehörten Töne" ist für die vorliegende Frage ebenfalls werthlos. — Bernstein (ebenda S. 475—494) hat seinerseits die Köpfe zweier Beobachter schallleitend verbunden und jedem einen Ton zugeleitet. Er täuschte sich jedoch in der Erwartung dabei zu Gehör kommende Schwebungen zu Gunsten der Knochenleitungstheorie verwerthen zu können. Die Schwebungen blieben aus. In der That liegt es nahe genug, dass auf diesem langen und komplizirten Umwege leise Töne durch den Leitungswiderstand absorbirt werden, und die Annahme Bernstein's, dass vielleicht schärfer hörende Beobachter glücklicher sein möchten, wird schwerlich realisirt werden.

einer mutatis mutandis der Schallfortpflanzung in der Luft analogen periodischen Erregung zum Gehirn leiten.

II. Werden zwei verschieden hohe Töne in ein und derselben Faser fortgeleitet, so entstehen — wiederum analog der Interferenz zweier Schallwellenzüge in der Luft — gewisse als Schwebungen oder bei genügender Frequenz als Töne percipirte „Intermissionen".

III. Dieses ist auch dann der Fall, wenn zwei Töne von verschiedener Schwingungszahl, der eine vom rechten, der andere vom linken Akustikus aufgenommen, sich in einem beiden Nervis octavis gemeinsamen „Mittelhirncentrum" begegnen.

Der dritte Punkt hängt nun mit der centralen Entstehung von Schwebungen auf das Innigste zusammen, derart, dass, wenn wirklich centrale Schwebungen möglich wären, sie allerdings wohl kaum anders als in der von Wundt angenommenen Weise entstehen könnten, und dass andrerseits mit einer Widerlegung dieses dritten Punktes der Wundt'schen Hypothese auch die Unmöglichkeit eines cerebralen Ursprungs von Schwebungen bewiesen ist.

Eine solche Widerlegung von entscheidender Beweiskraft ergiebt aber folgendes. Wenn vor jedes Ohr eine Stimmgabel gehalten wird, wenn die Tonhöhen der Gabeln um n Schwingungen pro Sekunde verschieden sind, und wenn n nicht zu klein gewählt wird, so müsste nach Wundt ein Ton von der Schwingungszahl n gehört werden, denn hier haben wir ja zwei solche von verschiedenen Seiten kommende, ungleich frequente periodische Erregungen, die in dem hypothetischen Mittelhirncentrum sich treffend zu jenen als Schwebungen oder bei genügender Grösse von n als Ton zu percipirenden Intermissionen Veranlassung geben sollen. In Wirklichkeit wird jedoch nach dem übereinstimmenden Urtheil vieler Beobachter ein solcher Ton nicht gehört[1]).

Einem Zusammenfliessen diotischer Schalleindrücke im Central-

---

1) Vgl. meine Untersuchung: „Ueber Wahrnehmung und Lokalisation von Schwebungen und Differenztönen" (Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. I S. 82 ff.), in der zugleich gezeigt worden ist, warum der in Rede stehende Ton „n" nicht durch Vermittelung der Knochenleitung gehört wird, trotzdem doch jeder der primären Töne durch dieselbe auch zum anderen Ohre gelangt.

organ widerspricht ferner folgende Beobachtung Fechners[1]. Wenn man zwei Taschenuhren von ungleichem Takt vor dasselbe Ohr hält, so verschmelzen die beiden Rhythmen der Uhren zu einem gemeinsamen dritten, und es gelingt nicht, diesen Gesammteindruck in seine beiden Componenten zu zerlegen. Ganz anders, wenn man vor jedes Ohr eine der Uhren hält. Man hört dann beide Uhren vollkommen getrennt und vermag nicht, beide Geräusche zu kombinieren.

Fechner hat diesen Versuch noch variirt, worauf ich jedoch nicht näher eingehen will. Das Vorstehende dürfte vollauf genügen, den eingangs präcisirten Zweck dieser Untersuchung zu erfüllen.

---

1) Abhandlg. d. sächs. Societät. Math.-physik. Classe. Bd. 5. S. 536 ff.

(Aus dem physiol. Institute der k. ung. thierärztl. Akademie in Budapest.)

Beitrag zur Physiologie des Blutzuckers.

Von

Prof. Dr. **F. Tangl** und A.-Prof. Dr. **Vaughan Harley** (London).

Die vielumstrittene Frage nach der Zuckerbildung in der Leber wurde von den meisten Forschern durch vergleichende Prüfung des Zuckergehaltes des Blutes der Lebervenen und des Pfortaderblutes untersucht, wobei dann bald für, bald gegen die Lehre Claude Bernard's sprechende Resultate erlangt wurden. Ein anderer Weg, der ebenfalls zur Lösung dieser Frage betreten wurde, ist die Ausschaltung der Leber aus dem Kreislaufe. Die ersten derartigen Versuche stammen von Bock und Hoffmann [1]). Die Ausschaltung führten sie bei Kaninchen in der Weise aus, dass sie entweder die Art. coeliaca und mesenterica, mit den anliegenden Lymphgefässen — oder in anderen Versuchen die Aorta mit den Nn. splanchnici vor dem Abgange der Art. coeliaca unterbunden haben, dann einen Faden um die Porta hepatis legten, die Vena cava mit einem Obturator verschlossen und schliesslich die Porta fest zuschnürten. Sie überzeugten sich davon, dass auf diese Weise bei sorgfältiger Ausführung der Operation aus der Leber kein Blut in das Herz gelangen konnte. Natürlich überlebten die Thiere diese Eingriffe nur kurze Zeit, höchstens 95 Minuten. Nach dieser vollständigen Ausschaltung der Leber fanden Bock und Hoffmann das Blut nach 45—80 Minuten vollkommen zuckerfrei. Bezüglich der Zuckerbildung in der Leber drücken sie sich aber trotz dieser Resultate etwas zurückhaltend und bedingt aus.

Aehnliche Ausschaltungsversuche hat an Säugethieren noch

---

1) Bock und Hoffmann, Experimentelle Studien über Diabetes. Berlin 1874.

Seegen[1]) ausgeführt und zwar so, dass er curarisirten Hunden zuerst Blut aus der Carotis nahm, dann bei künstlicher Respiration links und rechts den Brustkorb öffnete, um die Aorta und Cava je einen Ligaturfaden legte und schliesslich zuerst die Aorta, dann die Cava fest zuschnürte. In der Carotis wurde der Blutdruck gemessen und wenn er bis auf 40 mm Hg sank, wurde aus der zweiten Carotis wieder eine Blutprobe genommen. Seegen hat 3 solche Versuche. Die Thiere lebten 30—70 Minuten. Während vor der Ausschaltung im Blute 0,146 %, 0,136 % und 0,230 % Zucker war, sank derselbe nach der Ausschaltung — im sterbenden Thiere — auf 0,04 %, 0,06 % und 0,12 %.

Bei Gänsen hat Minkowski[2]) die Leber ganz exstirpirt. Diese Thiere überlebten den schweren Eingriff 20 Stunden. Das Blut war nach einer gewissen Zeit vollkommen zuckerfrei.

Diese Versuche zeigen, dass, wenn die Leber aus der Circulation vollständig ausgeschlossen oder exstirpirt wird, der Zucker aus dem Blute vollständig — in Seegen's Versuchen zum grössten Theil — verschwindet. Nun behaupten aber Bock und Hofmann, dass der Blutzucker nur dann verschwindet, wenn die Ausschaltung der Leber aus der Circulation wirklich eine vollständige war. Wurde bei der Operation ein kleiner Fehler gemacht, z. B. die Vena cava nicht vollständig geschlossen, so fanden sie den Zuckergehalt des Blutes kaum verringert.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass schon durch die Unterbindung der Art. coeliaca und mesenterica oder der Aorta allein oberhalb der Coeliaca die Circulation in der Leber in höchstem Grade gestört und sehr bedeutend herabgesetzt wird, besonders wenn zugleich die Vena portae unterbunden wird. B. und H.'s Behauptung ist also um so auffallender, als nach der Unterbindung der Darmarterien allein, ohne Ligatur der Vena portae, die übrigen Functionen der Leber in ganz bedeutendem Maasse leiden. So hat Slosse nachgewiesen, dass nach Unterbindung der drei Darmarterien die im Harn ausgeschiedene Harnstoffmenge[3]) —

1) J. Seegen, Die Zuckerbildung im Thierkörper. Berlin. 1890. A. Hirschwald.

2) Minkowski, Ueber den Einfluss der Leberexstirpation auf den Stoffwechsel. Arch. f. exper. Pathol. Bd. XX, p. 41.

3) Slosse, Der Harn nach Unterbindung der drei Darmarterien. Dubois' Arch. 1890, p. 482.

die, wie es seit den Untersuchungen Schröder's angenommen wird, grösstentheils in der Leber gebildet wird — bedeutend verringert ist und dass die Leber äusserst glycogenarm wird[1]). Ist die Zuckerbildung ebenso eine Function der Leberzellen, als die Glycogen- und Harnstoffbildung, so wäre zu erwarten, dass sie, ebenso wie die letzteren, durch die bedeutende Circulationsstörung in hohem Maasse beeinträchtigt werde.

Wir haben uns daher entschlossen, diese Frage direct durch Experimente zu prüfen. Die Versuche haben wir an Hunden ausgeführt; Kaninchen sind deshalb nicht geeignet, weil sie nicht die zu den Analysen nöthige Blutmenge liefern. Am geeignetsten fanden wir kleine Hunde von 6—10 kg Körpergewicht, da an diesen die Unterbindung der drei Darmarterien leichter gelingt als an grossen. Die Thiere wurden chloroformirt. Die Praeparirung und Unterbindung der drei Darmarterien geschah nach derselben Methode, die einer von uns schon bei Kaninchen angewendet hat[2]), mit dem einen Unterschiede, dass wir die Darmarterien sofort mit einer Dauerligatur versahen. Unmittelbar vor dem Zusammenziehen der Ligaturfäden wurde aus einer vorher schon fertig präparirten Carotis Blut entnommen. Nachdem die drei Darmarterien unterbunden waren, wurde die Wunde zugenäht, das Thier freigelassen und beobachtet. Die Thiere lebten gewöhnlich noch 6 bis 7 Stunden. Schon sterbend wurden sie dann wieder aufgebunden, um aus der Carotis nochmals eine Blutprobe zu entnehmen. In jedem Falle haben wir durch Autopsie die Operation controllirt und uns über die Veränderungen in den Organen der Bauchhöhle unterrichtet.

Wir trachteten vor allem die zu den Analysen genommenen Blutproben möglichst genau abzumessen. Wir liessen zu diesem Zwecke sowohl bei der ersten als bei der zweiten Blutentnahme das Blut aus der Carotis durch einen Kautschukschlauch direct in eine Bürette steigen; durchschnittlich 60 cm³. Diese Blutmenge wurde dann in zwei genau abgemessene Theile (meist ca. 25 cm³) getheilt, die dann quantitativ auf ihren Zuckergehalt geprüft wur-

1) Slosse, Die künstliche Verarmung der Leber an Glycogen. Dubois' Archiv 1890, Suppl. p. 162.

2) Tangl, Ueber den respirat. Gaswechsel nach Unterbindung der drei Darmarterien. Dubois' Archiv 1894, p. 283.

den. Zum Enteiweissen des Blutes gebrauchten wir die Weyert'sche Alkoholmethode. Der Zucker wurde dann quantitativ nach der Allihn'schen Methode bestimmt. Auf diese Weise haben wir also von jeder Blutprobe, sowohl von der, welche vor, als von jener, die nach der Unterbindung der Darmarterien genommen wurde, Doppelanalysen gemacht. Wir bemerken ausdrücklich, dass wir besonders grosses Gewicht darauf legten, dass die zu einem Versuche gehörenden Blutproben vollkommen gleich behandelt wurden, so z. B. was das Auswaschen der Niederschläge, die Menge der Fehling'schen Lösung, die Zeitdauer des Kochens etc. betrifft. — Die meisten Blutproben standen mehrere Monate unter Alkohol, was, da sie besonders Anfangs täglich mehrere Male geschüttelt wurden, der vollständigen Extraction des Zuckers nur günstig war.

Im Ganzen haben wir 8 Versuche ausgeführt, von welchen wir aber nur 5 verwenden können; die übrigen sind durch die Fehler, die theils bei dem Versuche, theils bei den Analysen gemacht wurden, unbrauchbar geworden.

Wie wir bereits erwähnten, überleben die Thiere die Unterbindung der drei Darmarterien gewöhnlich 5—7 Stunden. In unseren Versuchen konnten wir natürlich nicht ganz bis zum Eintritt des Todes warten, da wir ja noch eine Blutprobe entnehmen mussten. Die Symptome, die wir an diesen Thieren beobachteten, sind im Grossen und Ganzen dieselben, die Slosse beschrieben hat. Die ersten ein bis zwei Stunden nach der Ligatur bemerkt man meist nichts Abnormes an den Thieren. Der starke Brechreiz, der gleich nach der Operation auftritt, ist theilweise wohl der shokartigen Wirkung der Operation und dem Chloroform zuzuschreiben. Später wird das Thier immer matter und schwindelig, es legt sich auf die Seite und wird oft, aber nicht in jedem Falle, von vorübergehenden Krämpfen befallen. Fast nie fehlen ein wiederholtes Erbrechen von blutig gefärbten schleimigen Massen und mit grosser Anstrengung verbundene Entleerungen meist blutigen Kothes. Die Schwäche wächst immer mehr, das Thier liegt in einem comatösen Zustande. Die Haut fühlt sich äusserst kalt an und auch die Rectumtemperatur ist sehr niedrig. Schon unmittelbar nach Unterbindung der Darmarterien ist sie es und sinkt dann immer weiter. Bezüglich der Körpertemperatur müssen wir also Slosse entschieden widersprechen. Slosse giebt an, dass selbst dann noch, wenn die Haut bereits kalt war, die

Temperatur im Rectum noch 40—41° C. betragen hat. Wir haben in einigen Versuchen auch das Verhalten der Rectumtemperatur geprüft. Schon unmittelbar vor dem Zusammenziehen der Arterienligaturen fanden wir die Temperatur im Rectum nur 36,8—34,8°, während sie nach der Unterbindung in comatösem Zustande des Thieres nur 32,8—26,6° C. betrug. Dieser Widerspruch zwischen unseren und Slosse's Beobachtungen ist uns unerklärlich. — Der ganze Symptomencomplex ruft, wie Slosse es bereits erwähnt, die Vermuthung wach, dass im Organismus des Thieres irgend ein Gift sich bilde, welches auf das Nervensystem seine deletäre Wirkung ausübe.

Wie es aus dem oben Mitgetheilten hervorgeht, haben wir das Blut vor und einige Stunden nach der Unterbindung der drei Darmarterien auf seinen Zuckergehalt geprüft. Das Resultat der Analysen unserer fünf verwendbaren Versuche zeigt die Tabelle auf Seite 556.

Wie es die Zahlen dieser Tabelle beweisen, nahm der Zuckergehalt des Blutes nach Unterbindung der drei Darmarterien bedeutend ab. Das Ergebniss unserer Versuche steht also mit der oben angeführten Angabe von Bock und Hoffmann, nach welcher der Zuckergehalt des Blutes kaum vermindert ist, wenn die Leber nicht vollständig ausgeschaltet ist, im Widerspruche. Durch die Unterbindung der drei Darmarterien wird die Leber thatsächlich nicht vollständig aus der Circulation ausgeschaltet. Es giebt vor allem Anastomosen, welche etwas Blut zuführen können. In erster Reihe kommen da die Arteriae oesophageae in Betracht, die noch im Brustkorbe aus der Aorta entspringen und mit der Art. coron. ventr. sinistra anastomosiren; dann die Arteriae phrenic. post., aus welchen Zweige direct zur Leberkapsel, zu den Bändern der Leber und in die Magen- und Oesophaguswand gehen — und schliesslich eventuell auch noch die Anastomosen der Aa. abdominales mit den Aa. phrenicae[1]). Anderseits kann Blut aus der Leber durch die Venae hepaticae ungehindert abfliessen. Wenn es auch feststeht, dass durch die Unterbindung der drei Darmarterien die Blutcirculation in der Leber nicht vollständig aufgehoben wird, so

1) Ellenberger und Baum, System. und topogr. Anatomie des Hundes. Berlin. 1891. p. 405—412.

Versuchsnummer	Unterbindung der drei Darmarterien[1]	Entnahme der zweiten Blutprobe	Zuckergehalt des Blutes vor der Unterbindung der Darmarterien	Zuckergehalt des Blutes nach der Unterbindung; im sterbend. Thiere	Werth der Abnahme im Zuckergehalt	Anmerkungen
I	11 U. 30 M.	6 U. 30 M.	0,050%	0,004%	92,0%	Der Zeitraum zwischen der ersten und zweiten Blutentnahme beträgt 7 Stunden.
II	12 U. 30 M.	7 U. 30 M.	0,145 „	0,059 „	59,3 „	Um 12 U. 30 M. war die Rectumtemperat.: 34,6° C.; um 7 U. 30 M.: 32,8° C. Die zweite Blutprobe wurde 7 Stunden nach der ersten entnommen.
III	12 U. 30 M.	6 U. 0 M.	0,032 „	0,007 „	78,1 „	Um 12 U. 45 M. war die Rectumtemperat.: 34,6° C.; um 6 U.: 32,4° C. Die zweite Blutprobe wurde 5½ Stdn. nach der erten entnommen.
IV	1 U. 0 M.	6 U. 15 M.	0,042 „	0,024 „	42,9 „	Die zweite Blutprobe wurde 6¼ Stdn. nach der ersten entnommen.
V	11 U. 30 M.	5 U. 30 M.	0,044 „	0,015 „	65,9 „	Die zweite Blutprobe wurde 6 Stunden nach der ersten entnommen. Nach dem Tode Injection von Berlinerblau durchs Herz.

haben wir uns andererseits, nach Injection der Blutgefässe vom Herz aus durch makro- und mikroskopische Untersuchung, auch davon überzeugen können, dass auf dem Wege dieser Anastomosen nur sehr wenig Blut in die Leber und in die übrigen ausgeschalteten Verdauungsorgane gelangt. Wir fanden von der injicirten Flüssigkeit in den mikroskopischen Gefässen nur sehr wenig. Wie wenig Blut thatsächlich in die ausgeschalteten Organe gelangt, zeigen übrigens die pathologischen Veränderungen, die man in diesen findet: die Schleimhaut des Magens und Darmes ist mit

1) Unmittelbar vor der Unterbindung erfolgte die Entnahme der ersten Blutprobe.

zerstreuten Ecchymosen bedeckt, theilweise nekrotisch, in der Leber finden sich necrotische Herde.

Was die Deutung der Ergebnisse unserer Versuche betrifft, so möchten wir vorerst bemerken, dass wir wohl wissen, dass gegen unsere Versuche dieselben Einwände zulässig sind, wie gegen alle Ausschaltungsversuche lebenswichtiger Organe, dass nämlich dadurch in den Functionen der übrigen Organe tiefgreifende Veränderungen erzeugt werden. Doch glauben wir, dass unsere Resultate nicht nur mit der Annahme der Zuckerbildung in der Leber sehr gut vereinbar sind, sondern, soweit man, wir wiederholen es, mit Ausschaltungsversuchen überhaupt beweisen kann, neben den bisher bekannten wieder einen Beweis für die zuckerbildende Function der Leber abgeben können. Es ist zweifellos, dass die grössten functionellen Störungen in den ausgeschalteten Organen selbst stattfinden, in unseren Versuchen also in den Verdauungsorganen der Bauchhöhle. Von diesen dürften nach unseren jetzigen Kenntnissen ausser der Leber kaum eines als zuckerbildendes Organ in Betracht kommen, und ist auch kaum von Jemandem als solches angesprochen worden. (Die Resorption von Kohlehydraten kommt ja bei vorher mit Fleisch gefütterten hungernden Hunden unserer Versuche nicht in Betracht.) Dass die Function der Leber in hohem Maasse gestört ist, beweist ja, wie wir oben anführten, die bedeutend verminderte Harnstoff- und Glycogenbildung. Es war also schon a priori zu erwarten, falls die Leber die Hauptbildungsstätte des Blutzuckers ist, dass unter denselben Bedingungen gleichzeitig auch die Zuckerbildung bedeutend herabgesetzt wird — und das fanden wir auch thatsächlich. Dass der Blutzucker nicht vollständig verschwindet, wie in den Bock und Hoffmann'schen Versuchen mit vollständiger (fehlerloser) Ausschaltung der Leber, findet seine Erklärung eben darin, dass die Circulation in der Leber nicht vollkommen aufgehoben ist, die Leberzellen also, wenn auch dürftig, theilweise doch functioniren.

Eine Erklärung erfordert noch der Widerspruch zwischen unseren Resultaten und den Versuchen von B. und H. mit nicht „fehlerloser“ Ausschaltung der Leber. Die Erklärung dazu giebt unserer Ansicht nach die längere Lebensdauer unserer Versuchsthiere. Da möchten wir vor Allem hervorheben, dass nach den

Untersuchungen von Slosse[1]) und des Einen von uns[2]) (Tangl) nach Unterbindung der drei Darmarterien der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäureproduction, also die Oxydationsvorgänge im Organismus sehr bedeutend abnehmen. Es ist also sehr wahrscheinlich, dass die durch Oxydation erfolgende Umsetzung des Zuckers im Blute ebenfalls in nicht geringem Maasse herabgesetzt wird. Wenn auch also zur selben Zeit aus der Leber bedeutend weniger Zucker in das Blut gelangt, so braucht es doch eine längere Zeit, bis das am Zuckergehalt des Blutes bemerkbar wird, weil der noch vorhandene Zucker in geringerer Menge oxydirt wird. Auch ist es sehr wahrscheinlich, dass je länger die Circulationsstörung in der Leber besteht, um so weniger Zucker producirt wird. Je später wir aber das Blut nach der Ligatur der Darmarterien untersuchen, umso deutlicher werden wir die Wirkung der herabgesetzten Zuckerproduction finden. Nun überlebten B. und H.'s Kaninchen den schweren Eingriff in maximo 95 Minuten, während unsere Hunde noch 5—7 Stunden lebten. (Derselbe Umstand dürfte auch erklären, warum Seegen[3]) trotz der vollständigen Ausschaltung der Leber das Blut nur zuckerärmer, aber nicht zuckerfrei fand. Auch seine Hunde überlebten die Operation kaum 1 Stunde, und wahrscheinlich werden durch die schweren operativen Eingriffe die Oxydationsvorgänge im Organismus noch mehr geschädigt werden, als durch die Unterbindung der Darmarterien.)

Wir können unsere Arbeit nicht schliessen, ohne eines auffallenden Befundes Erwähnung zu thun. Wie es aus der Tabelle ersichtlich ist, war der Zuckergehalt des Blutes vor der Unterbindung der Darmarterien mit Ausnahme des Versuches II ein auffallend geringer, bedeutend geringer als der normale etwa 0,1% Zuckergehalt. Da wir unsere Analysen mit der äussersten Sorgfalt ausgeführt haben, ganz besonders was das Auswaschen der Alkoholniederschläge betrifft und wir uns ausserdem durch directe Untersuchung davon überzeugten, dass die ausgewaschenen Niederschläge keinen Zucker mehr enthalten, so haben wir keinen Grund,

---

1) Slosse, Die Athemgrösse des Darmes und seiner Drüsen. Dubois, Archiv 1890, Suppl. p. 164.

2) Tangl l. c.

3) Seegen l. c.

diesen niederen Zuckergehalt etwa einem von uns begangenen Fehler zuzuschreiben. Wir müssen also zur Erklärung einen anderen Grund suchen. Wir können allerdings vor der Hand nur eine Vermuthung aussprechen. Die erste Blutprobe wurde, wie schon erwähnt, erst genommen, nachdem die Darmarterien bereits frei präparirt waren. Da wäre es denkbar, dass das Oeffnen der Bauchhöhle, die damit verbundene starke Abkühlung des Thieres, die eventuelle Verletzung des N. splanchnicus bei der Präparirung der Darmarterien bereits den Zuckergehalt des Blutes beeinflussen resp. herabsetzen. Das muss natürlich erst mit directen Versuchen geprüft werden.

(Aus dem physiol. Institute der k. ung. thierärztl. Akademie in Budapest.)

Zur Kenntniss der „Wärmecentren" beim Pferde.

Vorläufige Mittheilung.

Von

Prof. Dr. **F. Tangl.**

Ott und unabhängig von ihm Aronsohn und Sachs haben schon im Jahre 1884 gezeigt, dass die Verletzung des Corpus striatum nach einigen Stunden eine bedeutende Erhöhung der Körpertemperatur zur Folge hat. Seitdem wurden diese Versuche von Vielen (Girard, Zuntz und Gottlieb, Witkowski etc.) mit ähnlichem Resultate ausgeführt, aus denen zugleich hervorging, dass ausser der Verletzung des Corpus striatum, auch die anderer basaler Hirntheile Temperaturerhöhung verursacht, es werden also jetzt nicht nur im Corpus striatum, sondern auch im Thalamus opticus, in der grauen Substanz des dritten Hirnventrikels sogenannte „Wärmecentren" angenommen. Die experimentellen Untersuchungen,

auf die sich die Existenz dieser Wärmecentren gründet, wurden an Kaninchen, Meerschweinchen und Hunden ausgeführt. Bei diesen Thieren ist es nach den genauen Angaben von Aronsohn und Sachs sehr leicht, den „Wärmestich" erfolgreich zu vollführen. An anderen Säugethieren wurden meines Wissens ähnliche Versuche noch nicht gemacht. Im vergangenen Winter hatte ich Gelegenheit, diese Experimente an Pferden zu versuchen und da ich voraussichtlich in absehbarer Zeit kaum in der Lage sein werde, diese Versuche fortzusetzen, so möchte ich in dieser vorläufigen Mittheilung die bisher erlangten Resultate ganz kurz bekannt machen, ohne mich in die Discussion der noch keineswegs entschiedenen Frage der Wärmecentren einzulassen.

Den Wärmestich habe ich an 4 Pferden ausgeführt. Nach Aronsohn und Sachs gelingt er bei Hunden und Kaninchen stets, wenn in dem von der Sutura sagittalis und coronaria gebildeten Winkel das Trepan so angesetzt wird, dass die erstere Sutur die Krone des Trepans medial, die letztere caudal begrenzt. Nach Eröffnung der Dura mater sticht man dann mit einer Lancette einen Millimeter vom medialen Rande bis zur Schädelbasis ein. Die erwähnten Nähte konnten beim Pferde nicht die Trepanationsstelle bestimmen, da dieselben bei den Thieren, die mir zur Verfügung standen — es waren das für den Präparirsaal bestimmte „Anatomiepferde" —, schon längst gänzlich unsichtbar waren.

Nach vorheriger Orientirung an Leichen setzte ich das Trepan stets in der transversalen Linie an, welche den in den Schläfegruben fühlbaren Processus coronoïdei des Unterkiefers verbindet, und zwar so, dass die Krone des Trepans etwa $1/2$ cm von der Mittellinie entfernt blieb. — Die Pferde wurden zur Operation selbstverständlich geworfen. In allen Versuchen wurde links trepanirt. Nach der Trepanirung wurde die Dura mater so nahe zum Sinus longitudinalis aufgeschnitten, als es ohne Verletzung des letzteren möglich war. Dann wurde mit einem etwa 10 cm langen, 3 mm dicken troicartartigen Instrumente, nahe zum medialen Rande der Hirnhemisphäre bis an die Schädelbasis in das Gehirn gestochen. Nach dem die Blutungen mit Wattetampons sorgfältig gestillt waren, wurde die Wunde mit 2% Carbolsäure ausgewaschen und ein aseptischer Verband angelegt. Die Verhältnisse, unter welchen die Operationen gemacht wurden, waren allerdings nicht der Art, dass eine Wundinfection sicher auszuschliessen gewesen

wäre, doch entwickelte sich nur in einem Falle eine Meningitis, während in den übrigen 3 Fällen, die Wunde vollkommen aseptisch blieb, wie das ausser dem Aussehen der Wunde selbst, auch die mikroskopische Untersuchung erwies.

Die Temperatur der Thiere wurde bereits mehrere Stunden vor der Operation wiederholt im Rectum aufgenommen. Nach der Operation wurde die Temperatur stündlich gemessen. Von den 4 Pferden starben 2, das eine am zweiten, das andere am vierten Tage. Die anderen zwei wurden getötet.

Das Gehirn wurde dann in Alkohol gehärtet und zur Feststellung des Verlaufes des Stichkanales in horizontale, mit der Hirnbasis parallele, Schnitte — der Zahl nach 4—5 — zerlegt.

Die Versuche sind kurz die folgenden:

Versuch I am 14. Dec. 1894.

Die höchste Temperatur im Rectum war vor der Operation nach mehrmaliger Messung 37,9° C. — Hirnstich 4 Uhr Nachmittags. Die Rectumtemperatur wird stündlich gemessen. Um 11 Uhr Nachts: 39,5° C. Den höchsten Werth erreicht die Temperatur am 15. Dec. Nachmittag um 4 Uhr: 40,8° C. — Dann sinkt sie; um 12 Uhr Nachts desselben Tages ist sie nur mehr 38,5° C. — Am 16. Dec. wird das Pferd geschlachtet. — Hirnbefund: Wunde ganz rein, mit frischen Blutgerinnseln bedeckt. Der Stichkanal geht schräg durch den vorderen Theil des linken Thalamus opticus von oben nach unten und rückwärts und gelangt in das absteigende Horn.

Versuch II am 19. und 20. Dec. 1894.

Misslungener Versuch. Am 19. Dec. Hirnstich, der erfolglos blieb. Am 20. wird der Hirnstich wiederholt. Keine Temperaturerhöhung. Am 21. Symptome von Meningitis. Am 24. geht das Thier an eitriger Meningitis zu Grunde. — Hirnbefund: Ein Stichkanal geht sehr schräg lateral vom Thalamus opticus in den Lobus occipitalis. Ein zweiter Stichkanal war nicht zu sehen.

Versuch III am 28. Jan. 1895.

Ein sehr decrepides altes Thier. Der Hirnstich blieb erfolglos, die Rectumtemperatur stieg nicht. Das Thier starb am 30. — Hirnbefund: Der Stichkanal geht durch die linke Hemisphäre medialwärts zwischen den Thalami optici durch die Commissura media zur Hirnbasis.

Versuch IV am 28. Jan. 1895.

Die höchste Temperatur vor der Operation 37,7° C. Hirnstich um 4 Uhr 20 Min. Nachmittags. Temperatur: um 11 U. 30 M. 39,0° C.; am

29. Jan. 8 U. Morgens 40,4° C.; um 11 U. Vormittag 39,5° C., um 5 U. Nachmittag 38,2° C. Am 30. Januar schwankte die Temperatur zwischen 38,9 bis 38,2° C. — An demselben Tag wird das Thier geschlachtet. — Hirnbefund: Der Stichkanal geht durch den vordersten Theil des Thalamus opticus sehr nahe zum medialen Rande desselben und mündet vor der Corpora mamillaria.

Von den 4 Versuchen war also der Hirnstich in zweien wirksam, in Versuch I und IV. Im ersteren stieg die Körpertemperatur 24 Stunden nach dem Stich auf 40,8° C., im zweiten nach 16 Stunden auf 40,4° C. Die Temperatursteigerung betrug also in dem einen Falle 2,9° C., im anderen 2,4° C. In beiden Fällen hielt sich die Temperatur nur kurze Zeit auf dieser Höhe und fiel dann wieder ab. — In den Versuchen II und III war der Hirnstich erfolglos, es erfolgte keine Temperatursteigerung, trotzdem in einem Versuche der Hirnstich sogar zweimal ausgeführt wurde. (Allerdings erfolgte nach dem zweiten Stiche eine Temperaturerhöhung, aber erst nachdem ganz deutliche Symptome einer eitrigen Meningitis auftraten.)

Die Erklärung dafür, dass in 2 Fällen der Hirnstich erfolglos blieb, geben die Sectionsbefunde des Gehirnes. In den gelungenen Versuchen ging der Stichkanal durch den vorderen Theil des Thalamus opticus, während in den Versuchen, wo keine Temperaturerhöhung folgte, der Stichkanal einmal nur die Commisura media traf und einmal ausserhalb des Thalamus im Lobus occipitalis verlief. Es ist also der Thalamus opticus der wirksame Hirntheil, wie das ja auch mit den an Kaninchen, Meerschweinchen und Hunden gewonnenen Resultaten übereinstimmt. Diese Versuche würden demgemäss zeigen, dass es beim Pferde im vorderen Theile des Thalamus opticus ein „Wärmecentrum“ giebt, dessen Stichverletzung eine vorübergehende Erhöhung der Körpertemperatur zur Folge hat. Weitere Versuche müssen erst ergeben, ob beim Pferde wie bei den anderen Thieren auch andere Hirntheile, speciell das Corpus striatum „Wärmecentren“ enthalten.

(Aus dem physiol. Institute der k. ung. thierärztl. Akademie in Budapest.)

Untersuchungen über den Einfluss des vasomotorischen Nervensystems auf den Stoffwechsel.

Von

Prof. Dr. **F. Tangl.**

I. Theil.

Die Reizung des Kopf- oder Halsmarkes hat bekanntlich durch die Erregung sämmtlicher vasomotorischer Nerven tiefgreifende Veränderungen in der Blutvertheilung des Organismus zur Folge. Ludwig und seine Schüler stellten fest, dass bei dieser Reizung besonders auf dem Splanchnicusgebiet eine intensive Verengerung der Blutgefässe stattfindet, während gleichzeitig, wie das aus den Untersuchungen von Hafiz [1]) zuerst hervorging, die Muskelgefässe sich nicht verengen, ja sogar von einer grösseren Blutmenge durchfluthet werden. Heidenhain [2]) zeigte dann, dass bei Erregung des vasomotorischen Centrums durch Athmungssuspension oder reflectorisch durch Reizung eines sensiblen Nerven oder direct durch nicht zu starke elektrische Reizung des Kopfmarkes, gleichzeitig mit der bedeutenden Verengerung der inneren Arterien, die Arterien der Haut sich nur wenig contrahiren und der Blutstrom beschleunigt wird. Heidenhain's grossangelegte classische Versuche führten ihn zu der hochbedeutsamen Entdeckung von der die Körpertemperatur regulirenden Wirkung der vasomotorischen Nerven. H. fand nämlich, dass die erwähnte Reizung der vasomotorischen Nerven regelmässig eine nicht unbedeutende Temperatur-

---

1) Hafiz, Ber. d. sächs. Gesellsch. d. Wiss. 1870, p. 215.

2) Heidenhain, a) Ueber bisher unbeachtete Einwirkungen des Nervensystems auf die Körpertemperatur und den Kreislauf. Dieses Arch. Bd. III, p. 504. — b) Erneute Beobachtungen über den Einfluss des vasomotorischen Nervensystems auf den Kreislauf und die Körpertemperatur. Dieses Archiv Bd. V, p. 78.

abnahme im Inneren des Körpers zur Folge hat, während gleichzeitig die Hauttemperatur steigt. Hört die Reizung auf, so steigt wieder die innere Temperatur, während gleichzeitig die Hauttemperatur sinkt. Heidenhain erklärt diese Erscheinung in der Weise, dass durch „die Erregung der Vasomotoren eine ausgebreitete Verengerung der kleinen Arterien“ erzeugt wird, wodurch „zunächst die Stromwiderstände für das Blut wachsen“. „Indem aber sehr bald die Triebkräfte des Herzens schneller zunehmen als die Widerstände, wird eine Beschleunigung des Blutstromes herbeigeführt“ —, „welche es zur Folge hat, dass grössere Blutmengen als vorher in der Zeiteinheit durch die kälteren peripherischen Theile des Körpers strömen“. Befördert wird dies noch dadurch, dass sich die Hautgefässe gar nicht oder was wahrscheinlicher ist, doch nur in solchem Grade contrahiren, „dass die hieraus entspringende Vergrösserung der Widerstände dem sehr in die Höhe getriebenen arteriellen Drucke gegenüber nicht ausreicht, eine Verringerung der die Haut durchsetzenden Blutmengen herbeizuführen“. — „Dadurch wird eine schnellere (theilweise) Ausgleichung der Temperatur zwischen diesen letzteren und den wärmeren inneren Theilen herbeigeführt. Während die Temperatur der Körperperipherie steigt und somit der Wärmeverlust nach aussen hin wächst, muss im Innern des Körpers ein Temperaturabfall herbeigeführt werden.“ Die wichtige Rolle, welche dem vasomotorischen Nervensystem in der Wärmeökonomie des Thierkörpers, nach den Untersuchungen Heidenhain's zukommt, würde auf diese Weise in erster Reihe auf der Seite der Wärmeabgabe sein.

Die Untersuchungen von Ludwig und seinen Schülern haben aber die für die Stoffwechselvorgänge und Wärmeökonomie nicht minder wichtige Thatsache entdeckt, dass mit der Beschleunigung des Blutstromes durch eine Drüse auch die Oxydationsprocesse und mit diesen die Wärmeproduction in beträchtlichem Maasse zunehmen. Wird nun durch die Reizung der gesammten vasomotorischen Nerven der Blutstrom beschleunigt, die Blutvertheilung im Organismus verändert, so ist der Gedanke naheliegend, dass gleichzeitig die Oxydationsprocesse und damit auch die Wärmeproduction des ganzen Organismus verändert werden. In diesem Sinne spricht sich auch Heidenhain bereits in seiner ersten Mittheilung aus, indem er unter Berufung auf die Ludwig'schen Untersuchungen sagt: „Auf die Innentemperatur des Körpers hat

mithin die Geschwindigkeit des Blutstromes einen zweifachen, nach entgegengesetzter Richtung gehenden Einfluss; bei Vergrösserung desselben wird die Temperatur zunächst sinken, aber diesem Sinken durch die Vermehrung des Stoffumsatzes eine Grenze gesetzt werden. Auf diese Weise wird sich bei verschiedenen Graden der Geschwindigkeit die Constanz der Temperatur von selbst reguliren." — Heidenhain selbst hat keine Versuche, welche diese seine Vermuthung bestätigt hätten, angestellt. Die Beantwortung dieser Frage durch direkt darauf gerichtete Versuche schien aber um so erwünschter, als bei der Erregung des gesammten vasomotorischen Nervensystems die Circulationsverhältnisse sich nicht in allen Organen gleichartig verändern. Denn wenn auch die Strömungsgeschwindigkeit zunimmt, contrahiren sich auf einem Gebiete die Gefässe in hohem Masse, z. B. auf dem Splanchnicusgebiete, auf anderen, wie z. B. in den Muskeln oder in der Haut nicht, und es ist sehr wahrscheinlich, dass dementsprechend zu gleicher Zeit sich auf diesen verschiedenen Gebieten auch die Oxydationsprocesse, also auch die Wärmeproduction nicht in gleichem Sinne verändern werden. Man kann also a priori gar nicht vorhersagen, wie, in welchem Sinne sich die gesammte Wärmeproduction des Organismus bei der Erregung des ganzen vasomotorischen Nervensystems verändert. Dazu wissen wir ja auch noch viel zu wenig über die Topographie der Stoffwechsel, über den Antheil der einzelnen Organe oder Körpertheile am Stoffwechsel und über den Einfluss des vasomotorischen Nervensystems resp. der dadurch bedingten Circulationsverhältnisse auf den Stoffwechsel. Die Untersuchung der Frage, wie sich die Oxydationsprocesse, also die Wärmeproduction bei Erregung des gesammten vasomotorischen Nervensystems verändern, zu welcher mich weil. Prof. Ludwig anregte, schien also schon an und für sich von besonderem Interesse zu sein, und ausserdem sollte sie für mich den Anfang einer ausgedehnten Studie über den Einfluss des vasomotorischen Nervensystems auf den Stoffwechsel bilden. Die Versuche, deren Ergebnisse diesmal kurz mitgetheilt werden, bildeten den Anfang dieser Untersuchungen und wurden noch theilweise im Institut meines hochverehrten verstorbenen Lehrers in Leipzig ausgeführt. Das ist auch der Grund, weshalb ich diese Versuche, trotzdem sie nur eine Vorfrage beantworten, schon jetzt mittheile, nachdem ich sie inzwischen zu einem gewissen Abschlusse brachte.

Vor Allem sollte es sich nämlich um die Beantwortung der Frage handeln, ob und wie die Veränderung des Erregungszustandes des gesammten vasomotorischen Nervensystems unabhängig vom Thätigkeitswechsel der Organe auf die Oxydationsprocesse also die Wärmeproduction des ganzen Organismus einwirkt. In der Literatur, soweit ich dieselbe durchsehen konnte, fand ich keine Arbeit, die die aufgeworfene Frage beantworten würde, wie denn meines Wissens diese Frage überhaupt noch nicht Gegenstand directer Untersuchungen war. Wohl finden sich in einigen Arbeiten Angaben, die auf diese Frage Bezug haben, jedoch keineswegs zur Beantwortung derselben verwendet werden können. Hierher gehören jene Versuche von Erler[1]) und Gréhant et Quinquaud[2]), in welchen sie die Grösse der CO_2-Production nach Durchschneidung des Halsmarkes bestimmten. Auch in der grossen grundlegenden Arbeit von Pflüger[3]) „Ueber Wärme und Oxydation der lebendigen Materie" finden wir eine Versuchsreihe angeführt, in welcher die Grösse des Gaswechsels nach Durchschneidung des Halsmarkes ermittelt wurde. Abgesehen davon, dass Erler's und Gréhant's und Quinquaud's Arbeiten schon deshalb unvollständig sind, weil in ihnen nur die CO_2-Production, aber nicht der Sauerstoffverbrauch berücksichtigt wird, können alle angeführten Versuche schon deshalb nicht zur Aufklärung unserer Frage herangezogen werden, weil in allen durch die Durchschneidung des Halsmarkes beim unvergifteten Thiere nicht nur die Vasomotoren — sondern die ganze willkürliche Muskulatur des Körpers — und das war ja auch der Zweck bei jenen Untersuchungen — gelähmt wurde. Der bedeutende Ausfall, welchen die angeführten Forscher, in vollständiger Weise allerdings nur Pflüger, nach diesem Eingriff im Gaswechsel constatirten, ist auch zum allergrössten Theile der Lähmung der Muskulatur zuzuschreiben. Auch Pflüger wollte ja durch die Lähmung der

1) Erler, Ueber das Verhältniss der Kohlensäureabgabe zum Wechsel der Körperwärme. Dubois-Reichert's Archiv f. Anatomie, Physiologie etc. 1876, p. 556.

2) Gréhant et Quinquaud: Influence de la section de la moelle cervicale sur l'exhalation pulmonaire de l'acide carbonique. Compt. rend. de la soc. de biol. 1882.

3) Pflüger, Dieses Archiv Bd. XVIII, p. 247.

Muskulatur mittelst Durchschneidung des Halsmarkes nur seine schönen Curareversuche controlliren, mit denen er die wärmeregulirende Wirkung der Muskulatur bewies. — Aus diesen Versuchen ist es also nicht ersichtlich, welchen Antheil die Lähmung der Vasomotoren am Ausfall im Gaswechsel hat. Ebenso wenig wie man aus der Steigerung des Gaswechsels nach Reizung des Halsmarkes bei unvergifteten Thieren die Wirkung der Erregung der gesammten Vasomotoren ersehen könnte, da ja vor Allem die mächtige Reizung der quergestreiften Muskulatur in ihrer Wirkung in den Vordergrund tritt.

Will man den Einfluss der verschiedenen Erregungszustände der Vasomotoren kennen lernen, so muss man daher, wie bekanntlich bei den meisten Untersuchungen über die Gefässnerven, vor Allem die quergestreifte Muskulatur dem Einflusse des Nervensystems durch Curarevergiftung entziehen. Das Curare lässt bei nicht zu starker Dose die Circulationsverhältnisse ganz ungestört (Zuntz)[1]. Vergiftet man also ein Thier zuerst mit Curare und bestimmt den Gaswechsel, so bekommt man ein Maass für die Grösse der Oxydationsprocesse bei vollständig gelähmter Muskulatur und intacten Circulationsverhältnissen bei einem mittleren Gefässtonus. Durchschneidet man dann das Halsmark oder reizt man dasselbe auf irgend eine Art, so wird jetzt nur noch das vasomotorische Nervensystem gelähmt respective mehr oder minder hochgradig erregt. Bestimmt man jetzt nach der Durchschneidung oder während der Reizung des Halsmarkes den Gaswechsel, so bekommt man durch Vergleichung dieser Bestimmung mit der früheren ein Maass für den Einfluss der Lähmung resp. der Reizung des gesammten vasomotorischen Nervensystems auf die Oxydationsprocesse des Organismus. In solcher Weise wurden auch die Versuche ausgeführt, die hier mitgetheilt werden.

Wie ich bereits erwähnte, kam es mir vor Allem darauf an, festzustellen, wie die Erregung des gesammten vasomotorischen Nervensystems die Oxydationsprocesse beeinflusst. Es wurden deshalb solche Versuchsbedingungen gestellt, damit dieser Einfluss in möglichst prägnanter Weise sichtbar werde. Dem entsprechend sollte zunächst untersucht werden, wie sich der Gaswechsel ver-

1) Zuntz, Ueber die Benutzung curarisirter Thiere zu Stoffwechseluntersuchungen. Dubois' Arch. 1884, p. 380.

ändert, wenn das vasomotorische Nervensystem nach vorangegangener Lähmung ad maximum gereizt wird. — In dieser Mittheilung handelt es sich nur um diese Vorfrage.

Die Anordnung der Versuche war die folgende: Die möglichst kräftigen Kaninchen — es wurde nur an diesen Thieren experimentirt — wurden nach vorhergegangener Tracheotomie curarisirt; es wurde stets nur eine solche Giftdosis injicirt, die zur vollständigen Muskellähmung ausreichte, ohne die Circulationsverhältnisse zu schädigen. Nachdem zur Aufnahme des Blutdrucks in eine Carotis eine Canüle befestigt war, wurde das Thier an den Ludwig'schen Respirationsapparat mit der Trachealcanüle gebunden und mit demselben die Grösse des Gaswechsels bestimmt. Zugleich wurde auch der Blutdruck gemessen. Nachdem der Gaswechsel bestimmt war, wurde das Rückenmark im zweiten Halswirbel durchschnitten und Elektrodendrähte in den Wirbelkanal eingeführt, so wie es Slavjanski[1]) beschrieben hat. Nachdem dieselben entsprechend befestigt waren, wurde das Thier wieder mit dem Respirationsapparat und die Elektroden mit dem Inductionsschlitten verbunden. Dann wurde das Halsmark mit Inductionsströmen so stark gereizt, bis der Blutdruck nach Angabe des in die Carotis gebundenen Quecksilbermanometers sein Maximum erreichte. Unmittelbar vor der Reizung wurden auch beide Nervi vagi durchschnitten, um eine durch Stromschleifen bedingte Vaguswirkung — die ohne Durchschneidung der Vagi auftrat — zu vermeiden. Gleichzeitig mit der Reizung begann die Bestimmung des Gaswechsels.

Die Reizung des Rückenmarks dauerte — mit einer oder zwei Pausen von je 1—2 Minuten Dauer — während des ganzen Respirationsversuches, bis also das Thier die vorgesetzte Sauerstoffmenge verzehrte. (Die Pausen wurden deshalb gehalten, um die Ermüdung des Rückenmarkes möglichst hinauszuschieben.)

Da der Respirationsversuch stets über 15 Minuten dauerte, so musste der Reiz immer allmählich verstärkt werden, um den Blutdruck — der während des ganzen Versuches gemessen wurde — möglichst hoch zu erhalten; trotzdem sank er doch langsam, so dass er am Schlusse der Reizung immer niedriger war als

1) Slavjanski, Ueber die Abhängigkeit der mittleren Strömung des Blutes von dem Erregungsgrade der sympathischen Gefässnerven. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1873, p. 665.

am Anfange. — Nach Beendigung dieses zweiten Respirationsversuches wurde die Reizung des Halsmarkes sistirt. Nachdem der Blutdruck auf seine Höhe vor der Reizung herabgesunken war, wurde dann abermals, zum dritten Male, der Gaswechsel bestimmt. In jeder Versuchsreihe wurde also an demselben Thiere der Gaswechsel 3 mal (in den 3 Versuchen einer Serie je einmal) bestimmt. Es zeigen somit in jeder Serie Versuch I: den Gaswechsel nach Vergiftung mit Curare, bei unversehrtem Halsmarke. Versuch II: Gaswechsel während der Reizung des durchschnittenen Halsmarkes. Versuch III: Gaswechsel ohne Reizung des durchschnittenen Halsmarkes.

Bevor ich auf die Versuche selbst eingehe sei es mir noch gestattet, zur Methodik dieser Respirationsversuche einige Bemerkungen zu machen. Vor allem muss hervorgehoben werden, dass vor und nach jedem Versuche der Apparat mit einem Wassermanometer sorgfältigst auf seine Luftdichtigkeit geprüft und das Thier immer mittelst einer Trachealkanüle mit dem Apparat luftdicht verbunden wurde. Respirationsgase konnten also gar nicht verloren gehen. — Bei diesen Versuchen stellte es sich auch heraus, dass dieser Ludwig'sche Respirationsapparat, den Sanders-Ezn genauer beschrieb[1]), sich auch ganz vorzüglich zur künstlichen Athmung eignet, die ja bei diesen Versuchen nothwendig war, da die Thiere stets curarisirt waren. — Will man jedoch mit diesem Apparate künstliche Athmung bewerkstelligen, so erfordert er eine kleine Modification. In seiner ursprünglichen Form ist er dazu deshalb nicht geeignet, weil durch die Bewegung der Schaukelgefässe[2]) die Luft im Apparat wohl kräftig hin- und herbewegt, aber nicht in die Trachea des Thieres gepresst werden kann, die Luft streift nur an der Mündung des kurzen mit der Trachea verbundenen Rohres vorüber. Die ganze Modification besteht darin, dass man in eine der zwei Röhren, welche die Schaukelgefässe mit der Sauerstoffkugel verbinden, auf der Strecke zwischen der letzteren und der Ansatzstelle des Seitenrohres, an der die Trachealkanüle gebunden ist, einen einfach durchbohrten Hahn einsetzt. Durch Drehung des Hahnes kann man das Innere des

1) Sanders-Ezn, Der respirat. Gasaustausch bei grossen Temperaturänderungen. Arbeit. aus der physiol. Anstalt in Leipzig. 1868.

2) Siehe die Abbildung in Sanders-Ezn's Arbeit.

Rohres an jener Stelle beliebig verengen. Man stellt nun den Hahn so ein, dass die Luft in der Röhre durch die Bewegung der Schaukelgefässe in einem Moment der Bewegung vor dem Hahn etwas zusammengepresst und dadurch in die Trachea getrieben wird. Der Druck, mit der die Luft in die Trachea gelangt, ist, wie Vorversuche zeigten, gross genug, um die Lungen vollkommen auszudehnen. Im entgegengesetzten Moment der Bewegung der Schaukelgefässe wird die Luft vor dem Hahne im Gegentheil etwas verdünnt, wodurch aus der Trachealkanüle resp. aus der Lunge Luft angesogen wird, so dass die Ventilation der Lunge so vortheilhaft als möglich ist, wofür auch die hellrothe Farbe des Venenblutes — nach Pflüger ein sicheres Zeichen — zeugte.

In der angegebenen Weise wurden folgende vier Versuchsreihen ausgeführt.

Versuchsreihe 1.

Körpergewicht 1690 gr. Zimmertemperatur 23,0° C. Curareinjection: 0,75 cm³ einer 1%igen Lösung. Das Rückenmark wird im 2. Halswirbel durchschnitten. Vor der Durchschneidung des Halsmarks keine Bestimmung des Gaswechsels, Vers. I fällt also bei dieser Versuchsreihe weg.

Versuch II. Ohne Reizung des durchschnittenen Halsmarkes. Anfang 4 U. 15 M., Ende 4 U. 30 M. 55 S. Lufttemperatur im Apparat 25° C. Luftdruck 749,1 mm. Am Anfang waren im Apparat 393,7[1]) cm³ O_2; am Ende waren noch 158,5 cm³ darin, verbraucht wurden also 235,2 cm³ O_2. Die ausgeathmete Kohlensäure beträgt 215,2 cm³ [2]).

Versuch III. Athmung bei erfolgloser Reizung des Halsmarks während der ganzen Versuchsphase. Anf. 4 U. 46 M. 4 S., Ende 5 U. 3 M. 5 S. Lufttemperatur im Apparat: 23,0° C. Luftdruck 749,1 mm. Am Anf. waren im Apparat 357,3 cm³ O_2, am Ende 106,9 cm³, der verbrauchte Sauerstoff beträgt also 250,4 cm³. — Die ausgeathmete CO_2 beträgt 184,6 cm³.

Versuchsreihe 2.

Körpergewicht 1710 gr. Zimmertemperatur 21,0° C. Curarisirung, wie in Versuchsreihe 1.

Versuch I. Athmung vor der Durchschneidung des Halsmarkes. Anf. 2 U. 55 M. 30 S., Ende 3 U. 8 M. 25 S. Blutdruck: 75 mm Hg. — Lufttemperatur im Apparat 21,1° C. — Luftdruck 755,7 mm. Am Anfang waren

1) Die sämmtlichen angeführten Gasvolumina sind schon auf 0° und 760 mm Hg reducirt.

2) Die CO_2 wurde in allen Versuchen durch Titriren der im Apparat befindlichen Barytlösung mit $\frac{n}{10}$ HCl bestimmt.

im Apparate: 407,2 cm³ O_2, am Ende 153,3 cm³, verbraucht wurden also 243,9 cm³ O_2. — Ausgeathmete CO_2: 197,7 cm³.

Versuch II. Athmung während der Reizung des durchschnittenen Halsmarkes. Anf. 3 U. 47 M. 0 S., Ende 4 U. 7 M. 50 S. Blutdruck 122 mm Hg. — Lufttemp. im Apparat 23,5°. Luftdruck 755,7 mm. — Am Anfange waren im Apparat: 861,1 cm³ O_2, am Ende 149,9 cm³, verbraucht wurden also 211,2 cm³ O_2. — Ausgeathmet wurden: 219,5 cm³.

Versuch III. Athmung ohne Reizung des durchschnittenen Halsmarkes. Anf. 4 U. 25 M. 0 S., Ende 4 U. 48 M. 0 S. Blutdruck 31 mm Hg. — Lufttemperatur im Apparat 23,3° C. Luftdruck 755,7 mm. — Am Anf. waren im Apparat 399,8 cm³ O_2, am Ende 202,2 cm³, verbraucht wurden also 197,6 cm³ O_2. — Ausgeathmet wurden: 190,0 cm³ CO_2.

Versuchsreihe 3.

Körpergewicht 2780 gr. Zimmertemperatur 23,0° C. Curarisirung wie in Versuchsreihe 1.

Versuch I. Athmung vor der Durchschneidung des Halsmarkes. Anf. 2 U. 48 M. 0 S., Ende 3 U. 0 M. 40 S. Blutdruck: 92 mm Hg. — Lufttemp. im Apparat 23,8° C. Luftdruck 759,6 mm. — O_2-Menge im Apparat am Anfange 400,4 cm³, am Ende 147,8 cm³, verbraucht wurden also 252,6 cm³ O_2. — Ausgeathmet wurden 185,7 cm³ CO_2.

Versuch II. Athmung während der Reizung des durchschnittenen Halsmarkes. Anf. 3 U. 41 M. 45 S., Ende 4 U. 2 M. 45 S. Blutdruck Anfangs 137 mm, am Ende 107 mm Hg. Lufttemp. im Apparate: 24,6° C. — Luftdruck: 759,6 mm. — O_2-Menge im Apparate am Anfange 361,0 cm³, am Ende 106,8 cm³, verbraucht wurden also: 254,2 cm³ O_2. — Ausgeathmete CO_2: 289,0 cm³.

Versuch III. Athmung ohne Reizung des durchschnittenen Halsmarkes. Anf. 4 U. 8 M. 55 S., Ende 4 U. 20 M. 25 S. Blutdruck: 44 mm. — Lufttemp. im Apparate: 23,8° C. — Luftdruck: 759,6 mm. — O_2-Menge im Apparate am Anfange 393,9 cm³, am Ende 169,6 cm³, verbraucht wurden also 224,3 cm³ O_2. — Ausgeathmete CO_2: 212,1 cm³.

Versuchsreihe 4.

Körpergewicht 2050 gr. Zimmertemp. 23,1° C. Curareinjection wie in Versuchsreihe 1.

Versuch I. Athmung vor der Durchschneidung des Halsmarkes. Anf. 3 U. 4 M. 15 S., Ende 3 U. 16 M. 10 S. Blutdruck 86 mm Hg. — Lufttemp. im Apparate: 23,6° C. — Luftdruck: 752,6 mm. — O_2-Menge im Apparate am Anfange 390,6 cm³, am Ende 159,1 cm³, verbraucht wurden also 231,5 cm³. — Ausgeathmete CO_2: 194,7 cm³.

Versuch II. Athmung während der Reizung des durchschnittenen Halsmarkes. Anf. 3 U. 57 M. 2 S., Ende 4 U. 22 M. 50 S. Blutdruck An-

fangs 122 mm, gegen Ende 97 mm Hg. — Lufttemp. im Apparate: 24,6° C. Luftdruck: 752,6 mm. O_2-Menge im Apparate am Anfange 357,6 cm³, am Ende 126,3 cm³, verbraucht wurden also 231,3 cm³ O_2. — Ausgeathmete CO_2: 259,2 cm³.

Versuch III. Athmung ohne Reizung des durchschnittenen Halsmarkes. Anf. 4 U. 31 M. 15 S., Ende 4 U. 49 M. 30 S. — Blutdruck: 43 mm Hg. Lufttemp. im Apparate: 23,6° C. — Luftdruck: 752,6 mm. O_2-Menge im Apparate am Anfange 397,6 cm³, am Ende 146,7 cm³, verbraucht wurden also 250,9 cm³ O_2. — Ausgeathmete CO_2: 242,5 cm³.

Von meinen vier Versuchsreihen sind also drei gelungen. Versuchsreihe 1 ist als misslungen zu betrachten, da in derselben die Reizung des Rückenmarkes erfolglos blieb, wie das die unveränderte Folge und Stärke der Herzschläge zeigte. (Der Blutdruck wurde bei diesem Thiere nicht gemessen.) In den übrigen drei Versuchsreihen war die Reizung des Halsmarkes äusserst wirksam, wie das aus dem Verhalten des Blutdruckes hervorgeht.

Aus den Daten dieser vier Versuchsreihen ist die nebenstehende Tabelle I zusammengestellt, in die auch die entsprechenden berechneten relativen Werthe eingefügt sind.

Alle drei Versuchsreihen zeigen einstimmig, dass während der Reizung des durchschnittenen Halsmarkes der Gaswechsel sehr bedeutend sinkt. Wird die Reizung eingestellt, so steigt wieder der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäureproduction — wie in den Versuchsreihen 3 und 4 — oder der Gaswechsel sinkt langsamer, wie in der Versuchsreihe 2, wozu jedoch zu bemerken ist, dass das Thier dieser letzteren Versuchsreihe das schwächste war und den niedrigsten Blutdruck hatte (31 mm bei durchschnittenem Rückenmarke ohne Reizung). Diese Verhältnisse sowie die Grösse der Veränderungen im Gaswechsel zeigen am besten die folgenden Verhältnisszahlen, die sich auf den Gaswechsel im Versuch I je einer Versuchsreihe beziehen (Tabelle II).

Während der Reizung des durchschnitsenen Halsmarkes war also der O_2-Verbrauch um 39,3%—53,9%, die CO_2-Production um 18,4—38,5% geringer, hingegen nach dem Sistiren der Reizung stieg in den erwähnten zwei Versuchen der O_2-Verbrauch um 24,7—31,7%, die CO_2-Production um 5,9—19,89%, während in der Versuchsreihe 2 der erstere noch um 8,2%, die letztere um 14,9% sank.

Tabelle I.

Nummer der Versuchsreihe	Körpergewicht	Die Einzelversuche einer Versuchsreihe	Zeitdauer des Versuches	Sauerstoff-verbrauch währ. eines Versuches cm³ (760mmHg u. 0° C.)	CO_2-Production während eines Versuches cm³ (760mmHg u. 0° C.)	Sauerstoffverbrauch pro 1 Minute	CO_2-Production pro 1 Minute	O_2-Verbrauch pro 1 Kilo und 1 Stunde in cm³	CO_2-Production pro 1 Kilo und 1 Stunde in cm³	$\frac{CO_2}{O_2}$	Blutdruck mm Hg	Anmerkungen
1	1690gr	I.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	In allen Versuchen waren die Thiere curarisirt.
		II.	16 M. 55 S.	235,2	215,2	13,90	12,72	493,6	451,6	0,915	—	Athmung bei durchschnittenem Halsmark.
		III.	17 M. 1 S.	250,4	184,6	14,71	10,85	522,4	385,1	0,737	—	Ebenso. Reizung des Halsmarkes blieb erfolglos.
2	1710gr	I.	12 M. 55 S.	243,9	197,7	18,88	15,30	662,4	536,9	0,811	75	Athmung bei unversehrtem Halsmarke.
		II.	20 M. 50 S.	211,2	219,5	10,14	10,54	355,8	369,8	1,039	122	Athmung während der Reizung des durchschnittenen Halsmarkes.
		III.	23 M. 0 S.	197,6	190,0	8,59	8,26	301,5	289,8	0,961	31	Athmung nach dem Aufhören der Reizung.
3	2780gr	I.	12 M. 40 S.	252,5	185,7	19,93	16,74	430,2	360,2	0,840	92	Wie in Vers. I der Versuchsreihe 2.
		II.	21 M. 0 S.	254,2	289,0	12,10	13,66	261,3	294,9	1,129	137—107	„ „ „ II „ „ 2.
		III.	11 M. 30 S.	224,3	212.1	19,50	15,78	420,9	348,6	0,828	44	„ „ „ III „ „ 2.
4	2050gr	I.	11 M. 55 S.	231,5	194,7	19,42	16,33	568,4	478,0	0,841	86	Wie in Vers. I der Versuchsreihe 2.
		II.	25 M. 48 S	231,3	259,2	8,96	10,05	262,4	294,1	1,121	122—97	„ „ „ II „ „ 2.
		III.	18 M. 15 S.	250,9	242,5	13,75	13,29	402,4	388,8	0,966	43	„ „ „ III „ „ 2.

Tabelle II.

Versuchsreihe	Während der Reizung des Halsmarkes nahm ab		Nach Beendigung der Reizung nahm weiter ab (—) oder nahm zu (+)	
	der O_2-Verbrauch um	die CO_2-Production um	der O_2-Verbrauch um	die CO_2-Production um
2	46,3 %	31,1 %	— 8,2 %	—14,9 %
3	39,3 „	18,4 „	+37,1 „	+ 5,9 „
4	53,9 „	38,5 „	+24,7 „	+19,8 „

Wenn es auch aus diesen Versuchsreihen zweifellos hervorgeht, dass bei der angeführten Versuchsanordnung während der Reizung der gesammten vasomotorischen Nerven der Gaswechsel bedeutend geringer ist, als vor der Durchschneidung und Reizung der Vasomotoren, so bleibt es immer noch zu erörtern, ob dieser Ausfall im Gaswechsel auch die Folge dieser Reizung ist. Vor allem könnte auf den ersten Blick ein sehr wichtiger Einwand gegen diese Deutung erhoben werden. Es wäre ja denkbar, dass der beobachtete Ausfall im Gaswechsel vielleicht die Folge der Abkühlung des Thieres ist, welche es im Zeitraume zwischen Versuch I und II einer Versuchsreihe erlitten hat. Die Thiere wurden ja am Beginn einer jeden Versuchsreihe curarisirt und zwischen dem Ende von Versuch I und dem Anfange von Versuch II vergingen stets 40—60 Minuten, die zur Präparirung des Halsmarkes, Einführung der Electroden, zum Ab- und Aufbinden des Thieres auf den Respirationsapparat nöthig waren. Seit den Untersuchungen von Zuntz und Röhrig[1]) und Pflüger[2]) ist es aber bekannt, dass curarisirte Thiere, wenn sie gegen Wärmeverlust nicht besonders geschützt sind, rasch abkühlen. Dazu kommt noch, dass bei unseren Experimenten auch noch das Rückenmark durchschnitten

1) Röhrig und Zuntz, Zur Theorie der Wärmeregulation und der Balneotherapie. Dieses Archiv Bd. VI, p. 37. — Zuntz, Ueber den Einfluss der Curarevergiftung auf den thierischen Stoffwechsel. Dieses Arch. Bd. XII, p. 522.

2) Pflüger, l. c.

wurde, ein Eingriff, der an sich auch wie die Curarisirung eine Abkühlung bewirkt. Ich habe mich durch zahlreiche thermometrische Versuche davon überzeugt, dass Kaninchen, curarisirt und mit durchschnittenem Halsmarke, in einer Zimmertemperatur von 20—23° C. innerhalb einer Stunde höchstens um 1—2° C. abkühlen, selbst in dem Falle, wenn, wie es bei diesen Versuchen geschah, keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden, die Abkühlung zu verhüten oder wenigstens zu verlangsamen. Eine solche Abkühlung curarisirter Thiere bedingt an und für sich keineswegs einen so bedeutenden Ausfall in den Oxydationsprocessen, wie er bei meinen Versuchen beobachtet wurde. Ich kann mich da auf die classischen Versuche von Pflüger[1]) selbst berufen, die beweisen, dass beim Sinken der Körpertemperatur für 1°C. der Sauerstoffverbrauch um 5,2%, die CO_2-Production um 19% abnimmt. Also selbst dann, wenn die spontane Abkühlung zwischen Versuch I und II 5° C. betragen hätte, so würde es keinen so bedeutenden Ausfall im Stoffwechsel ergeben, wie der beobachtete. — Weiterhin ist zu bedenken, dass man, wenn die progressive Abkühlung allein die Ursache des bedeutend geringeren Gaswechsels wäre, in den späteren Stadien immer niedrigere Werthe finden müsste, als in den vorhergehenden. Da nun zwischen Ende des Versuches II und dem Versuch III einer jeden Versuchsreihe ein Zeitraum von etwa 30 Minuten oder noch mehr liegt, so hätte also der Gaswechsel in Versuch III stets geringer ausfallen müssen, als in Versuch II. Das ist aber nicht der Fall; im Gegentheil ist in zwei Versuchsreihen, wie bereits erwähnt, der Gaswechsel in Versuch III bedeutend grösser, ja in Versuchsreihe 3 sogar eben so gross, als in Versuch I. Nur in der Versuchsreihe 2 war im Versuch III der Gaswechsel geringer, als in Versuch II, berechnet man jedoch, um wie viel Percent der Gaswechsel durchschnittlich per Minute abgenommen hat, so stellt es sich auch bei dieser Versuchsreihe heraus, dass die Abnahme im Versuch II eine viel bedeutendere war als in Versuch III. — (Die Ursache, warum in dieser Versuchsreihe, abweichend von den anderen zweien, der Gaswechsel in Versuch III nicht stieg, ist vielleicht die Schwächlichkeit des Thieres.) — Schliesslich kann auch die misslungene Versuchsreihe 1 zum Beweis dessen dienen, dass unter den an-

1) Pflüger, l. c. p. 304.

geführten Verhältnissen, die Abkühlung allein, ohne Reizung des Rückenmarkes, innerhalb der gegebenen Zeit, keine so bedeutende Verringerung der Oxydationsprocesse verursachen kann. Wie bereits angegeben wurde, war in der Versuchsreihe die Reizung des Rückenmarkes — (Vers. III) — aus einem unbekannten Grunde — (vielleicht waren die Elektroden schlecht angeführt). — unwirksam geblieben. Leider kennen wir in dieser Versuchsreihe nicht die Grösse des Gaswechsels vor der Durchschneidung des Halsmarkes; trotzdem sehen wir aber aus dem auf 1 kg Körpergewicht und 1 Stunde berechneten Gaswechsel, dass dieser — obwohl nach der Curarevergiftung und Durchschneidung ebenso viel Zeit verflossen ist, wie in den übrigen Versuchsreihen bis zum Versuch III, das Thier also ebenso abgekühlt war — bedeutend grösser war, als in allen übrigen Versuchsreihen während der erfolgreichen Reizung des Halsmarkes.

Nach alle dem kann ich aus den angeführten Versuchsreihen wohl mit Bestimmtheit folgern, d a s s e s d i e R e i z u n g d e s H a l s m a r k e s w a r, w e l c h e d e n b e d e u t e n d e n A u s f a l l i m S a u e r s t o f f v e r b r a u c h u n d i n d e r K o h l e n s ä u r e p r o d u c t i o n v e r u r s a c h t h a t. Damit soll selbstverständlich nicht geleugnet werden, dass schon die Abkühlung allein, die in unseren Versuchen nicht ganz verhütet wurde, daran einen Antheil hatte.

Ich möchte noch bemerken, dass in allen Versuchen während der Reizung des Halsmarkes der Sauerstoffverbrauch schneller sank als die Kohlensäureproduction, dass also dem entsprechend der respiratorische Quotient bedeutend grösser wurde; er überstieg in jeder Versuchsreihe 1,00. Nach dem Sistiren der Reizung wurde er wieder kleiner als 1. Zur Erklärung dieser Erscheinung sind meine Versuche noch ungenügend, ich will also darauf gar nicht weiter eingehen.

Wie kann nunmehr das erlangte Resultat gedeutet werden? Es dürfte kaum einem Zweifel unterliegen, dass diese bedeutende Veränderung im Stoffwechsel, durch die tiefgreifenden Veränderungen der Circulationsverhältnisse bedingt ist, welche die Reizung der gesammten Vasomotoren verursacht. Die Durchschneidung des Halsmarkes lähmt die Vasomotoren, der Blutdruck sinkt sehr tief und die Blutströmung ist bedeutend verlangsamt. Die Reizung des Halsmarkes, resp. der Gefässnerven steigert nun in ungeheurem

Maasse den Blutdruck, beschleunigt die Herzschläge und den Blutstrom — aber, wie bereits oben besprochen wurde, nicht in allen Organen in gleicher Weise. Unter solchen Bedingungen, wenn also die gesammten Vasomotoren ad maximum gereizt werden, nimmt trotz der Beschleunigung des Blutstromes der Stoffwechsel sehr bedeutend ab. Unsere Versuche bestätigen aber nicht den oben citirten Ausspruch Heidenhain's, dass bei der durch die Reizung der vasomotorischen Nerven erzeugten Beschleunigung des Blutstromes der Stoffumsatz vermehrt wird. Damit wird natürlich nicht gesagt, dass es nicht Organe giebt, in welchen während der Reizung der gesammten Vasomotoren der Stoffumsatz nicht zunimmt, was immerhin möglich ist, da sich die Gefässe nicht in allen Organen gleichmässig verengen, in manche also, wie bereits erwähnt wurde, mehr Blut gelangen kann; jedenfalls ist aber der Endeffect der Erregung sämmtlicher Gefässnerven eine bedeutende Abnahme des Gesammtstoffumsatzes des Körpers, was wiederum beweist, dass die Organe, in welchen die Oxydationsprocesse verringert wurden, jene überwiegen, in denen der Stoffumsatz eventuell vermehrt wurde. Ich möchte aber den Satz, dass die Reizung resp. Erregung sämmtlicher vasomotorischen Nerven den Stoffumsatz des Körpers herabsetzt, vor der Hand, so lange mir noch nicht weitere Experimente zur Verfügung stehen, nur für die in den angeführten Versuchen gegebenen Bedingungen gelten lasse. Die Möglichkeit ist ja nicht ausgeschlossen, dass unter anderen Bedingungen, z. B. bei nicht maximaler Reizung oder ohne vorhergehende Lähmung der vasomotorischen Nerven etc., die Erregung der letzteren einen geringeren Ausfall im Stoffumsatz bedingen, vielleicht sogar erhöhen wird, dass Heidenhain's Behauptung unter gewissen Bedingungen zu Recht besteht. Jedenfalls muss das erst untersucht werden.

Trotzdem in jeder Versuchsreihe in einem Versuch auch der Gaswechsel bei gelähmten vasomotorischen Nerven bestimmt wurde, kann man aus diesen Versuchen doch nicht den Einfluss der Lähmung der Vasomotoren auf den Gaswechsel ersehen. Dazu wäre es nothwendig gewesen, sofort nach der Durchschneidung des Halsmarkes beim curarisirten Thiere — ohne Reizung desselben — den Gaswechsel zu bestimmen. In unseren Versuchen wurde aber, um ein möglichst reizbares Rückenmark zu haben, nach dem Durchschneiden gleich gereizt und erst nachher der Gaswechsel

bei gelähmten Vasomotoren (im III. Versuch einer jeden Serie) bestimmt. Nun weiss man aber noch nicht, welche Nachwirkung die vorangegangene Reizung ausübt, wie lange diese eventuelle Nachwirkung dauert. Man hat also kein reines Bild von der Wirkung der Vasomotorenlähmung allein. Nach den Versuchsreihen 3 und 4 scheint es allerdings, da der Gaswechsel nach dem Sistiren der Halsmarkreizung beinahe ebenso gross wird, wie vor der Durchschneidung des Halsmarks, dass nach vorangegangener Curarisirung die Lähmung der Vasomotoren keine besondere Verminderung im Stoffwechsel mehr verursacht. Das muss aber noch durch einwandsfreie und zahlreichere Versuche geprüft werden.

Die Reizung der gesammten vasomotorischen Nerven hat also unter den gegebenen Bedingungen eine Verminderung der Oxydationsprocesse zur Folge, wirkt also auf die Wärmeproduction herabsetzend. Heidenhain hat, wie bereits Eingangs angeführt wurde, anderseits constatirt, dass die Reizung der Vasomotoren die Wärmeabgabe durch Beschleunigung des Blutstromes vergrössert. Nach ihm ist es die vermehrte Wärmeabgabe, welche die von ihm beobachtete Abkühlung der inneren Temperatur während der Vasomotorenerregung verursacht. Heidenhain's Satz wäre nach den Ergebnissen meiner Versuche dahin zu erweitern, dass gleichzeitig auch die Wärmeproduction bedeutend herabgesetzt wird, wenigstens bei starker elektrischer Reizung des vasomotorischen Nerven. (Ob das auch für die reflectorische Erregung giltig ist, muss, wie gesagt, noch untersucht werden.) Ja es wäre sogar denkbar, dass eben bei starker elektrischer Reizung hauptsächlich die Herabsetzung der Wärmeproduction und nicht die vermehrte Wärmeabgabe die innere Temperatur herabsetzt. Heidenhain giebt selbst an, dass bei starker elektrischer Reizung des verlängerten Markes die Hautgefässe sich auch verengen, die Blutdurchfuhr durch die Haut also abnimmt, so dass die elektrische Reizung eine geringere Depression der Innentemperatur zur Folge hat als die reflectorische Reizung, bei der eine solche Contraction der Hautgefässe nicht vorkommt.

Heidenhain hat seine Versuche nur an Hunden angestellt und die verschiedenen Reizungen auf das vasomotorische Nervensystem nur sehr kurze Zeit, 4—5 Minuten, einwirken lassen.

Heidenhain's Versuche sind also an anderen Thieren und unter anderen Bedingungen ausgeführt worden als die meinigen. Dies veranlasste mich, in einigen Versuchen an Kaninchen das Verhalten der inneren Temperatur bei starker Reizung des Halsmarkes, unter denselben Bedingungen, unter welchen die Gaswechselversuche angestellt wurden, zu untersuchen. Zu diesem Zwecke wurden Kaninchen, ganz so, wie oben beschrieben wurde, mit Curare vergiftet, dann das Halsmark durchschnitten und nachher elektrisch gereizt. Gleichzeitig wurde auch der Blutdruck gemessen. Von dem Zeitpunkte an, wo das Kaninchen aufgebunden war, wurde mit einem kontrollirten sehr empfindlichen Thermometer die Rectumtemperatur gemessen. Das Thermometer wurde stets 7 cm tief eingeführt, nachdem vorher, so weit möglich, der Koth aus dem Rectum herausgedrückt wurde[1]). Während des ganzen Versuches wurde das Thermometer ganz ruhig auf seiner Stelle behalten und die Temperatur jede dritte, in vielen Versuchen jede Minute notirt. In einigen wenigen Versuchen wurde auch auf der inneren Seite des Schenkels die Hauttemperatur gemessen mit einem sogenannten „Hautthermometer", dessen Quecksilberbehälter eine in einer Ebene gedrehte Spirale von etwa 2 cm Durchmesser bildet. Selbstverständlich wurde auch dieses Thermometer mit einem Normalthermometer controllirt. Die Zimmertemperatur variirte wie bei den Gaswechselversuchen zwischen 20—23° C. Besondere Vorkehrungen zur Verlangsamung oder Verhütung der Abkühlung der Thiere wurden auch hier nicht getroffen.

Die Versuche haben vollkommen die Angaben Heidenhain's bestätigt: bei Reizung des Halsmarkes sinkt die innere Temperatur resp. wenn die Temperatur schon im Sinken begriffen ist, sinkt sie während der Reizung viel schneller als ohne Reizung. Gleichzeitig erhöht sich die Hauttemperatur oder sie sinkt wenigstens langsamer als ohne Reizung. Was also Heidenhain für den Hund angegeben, hat auch volle Gültigkeit für das Kaninchen. Da meine Versuche nur Bekanntes bestätigten, halte ich es für über-

---

1) Bei Kaninchen dürfte die innere Temperatur ohne namhafte Circulationsstörungen wohl nur im Rectum gemessen werden können, wenn auch diese Methode nicht ganz einwandsfrei ist. Uebrigens wurden alle Cautelen eingehalten, die Högyes (Arch. f. exper. Pathol. Bd. XVII, p. 354) seiner Zeit angegeben hat.

flüssig, dieselben in extenso zu beschreiben. Die folgende Tabelle dürfte als Beleg für das Gesagte genügen:

Tabelle III.

Versuchsnummer	Versuchsbedingungen in den unmittelbar auf einander folgenden Phasen des Versuches	Zeitdauer einer Versuchsphase	Blutdruck am Anfange und Ende einer Versuchsphase mm Hg	Durchschnittl. Veränderung der Rectumtemperat. pro 1 Minute	Durchschnittl. Veränderung der Hauttemperatur pro 1 Minute
A.	I. Reizung des Halsmarkes	12 Min	93—77	—0,033°C.	—
	II. Ohne Reizung	15 „	30—33	—0,015°C.	—
	III. Reizung des Halsmarkes	12 „	89—56	—0,027°C.	—
B.	I. Ohne Reizung des durchschnittenen Halsmarkes	16 Min.	25—23	—0,032°C.	—
	II. Reizung des durchschnitten. Halsmarkes	15 „	107 - 82	—0,040°C.	+0,107°C.
	III. Ohne Reizung	15 „	23—18	—0,027°C.	—0,020°C.
C.	I. Ohne Reizung des durchschnittenen Halsmarkes	14 Min.	37—38	—0,039°C.	—
	II. Reizung des durchschnitten. Halsmarkes	25 „	136—129	—0,044°C.	—
	III. Ohne Reizung	20 „	48—32	—0,027°C.	—
D.	I. Reizung des durchschnitten. Halsmarkes	16 Min.	146—101	—0,025°C.	—
	II. Ohne Reizung d. durchschn. Halsmarkes	15 „	37—31	—0,022°C.	—
E.	I. Ohne Reizung d. durchschn. Halsmarkes	9 Min.	20—20	—0,017°C.	—0,022°C.
	II. Reizung des durchschnitten. Halsmarkes	9 „	111—75	—0,039°C.	+0,033°C.
	III. Ohne Reizung	9 „	35—29	—0,022°C.	—0,044°C.
F.	I. Ohne Reizung d. durchschn. Halsmarkes	17 Min.	27—25	—0,029°C.	—0,014°C.
	II. Reizung des durchschnitten. Halsmarkes	4 „	106—150	—0,100°C.	0° C.
	III. Ohne Reizung	5 „	36—30	—0,010°C.	—0,040°C.
	IV. Reizung	15 „	152—144	—0,050°C.	—0,027°C.
	V. Ohne Reizung	15 „	48—31	—0,020°C.	—0,013°C.

Nur beispielshalber soll ein Versuch, in dem auch die Hauttemperatur gemessen wurde, detaillirter mitgetheilt werden.

Tabelle IV. Versuch E.

Zeit	Versuchsbedingung	Rectumtemperatur	Hauttemperatur	Blutdruck mm Hg	Durchschnittliche Veränderung der Rectumtemperatur pr. 1 Minute	Durchschnittliche Veränderung der Hauttemperatur pr. 1 Minute
12 Uhr 1 Min.	Das durchschnittene Halsmark wird nicht gereizt.	37,2° C.	35,4° C.	—		
2'		37,2	35,4	20		
3'		37,2	35,4	20		
4'		37,2	35,4	20		
5'		37,15	35,3	20	—0,017° C.	—0,022° C.
6'		37,1	35,3	20		
7'		37,1	35,3	20		
8'		37,1	35,3	20		
9'		37,1	35,3	19		
10'		37,05	35,2	20		
12 Uhr 11 Min.	Das Halsmark wird gereizt.	37,0° C.	35,2° C.	20		
12'		36,9	35,4	96		
13'		36,9	35,4	111		
14'		36,8	35,4	78		
15'		36,75	35,4	—	—0,033° C.	+0,033° C.
16'		36,7	35,4	—		
17'		36,7	35,5	—		
18'		36,7	35,5	—		
19'		36,7	35,5	75		
12 Uhr 20 Min.	Das Halsmark wird nicht gereizt.	36,7° C.	35,4° C.	35		
21'		36,7	35,3	—		
22'		36,7	35,3	31		
23'		36,65	35,2	29		
24'		36,6	35,2	29	—0,022° C.	—0,044° C.
25'		36,6	35,2	—		
26'		36,6	35,0	—		
27'		36,55	35,0	—		
28'		36,5	35,0	29		

Erwähnenswerth ist, dass bei Kaninchen trotz starker elektrischer Reizung doch ein nicht unbedeutendes Sinken der inneren Temperatur beobachtet werden konnte. Allerdings ist es auch beim Kaninchen vollkommen so, wie es Heidenhain angiebt, dass nur am Anfange der Reizung die Temperatur rasch sinkt, um später kaum oder nur ebenso rasch wie ohne Reizung zu sinken; der Endeffect ist aber doch, dass die innere Temperatur während der Reizung des Halsmarkes durchschnittlich rascher sinkt.

Die Resultate der mitgetheilten Untersuchungen zusammenfassend, darf ich wohl den Satz aussprechen, dass bei der durch elektrische Reizung sämmtlicher vasomotorischer Nerven bedingten Aenderung der Circulation die Temperatur des Körperinnern

nicht nur in Folge vermehrter Wärmeabgabe (Heidenhain), sondern auch in Folge herabgesetzter Wärmeproduction sinkt. Es soll aber noch einmal ausdrücklich hervorgehoben werden, dass ich diese Versuche nur als Vorversuche zu den Studien über die Beziehungen des vasomotorischen Nervensystems zu den Stoffwechselvorgängen betrachte, dass ich mir also dessen bewusst bin, dass — um ein Wort Heidenhain's zu citiren — „die vorliegende Abhandlung mehr Fragen aufwirft als beantwortet".

Zum Schlusse möchte ich noch eine Beobachtung kurz erwähnen, die ich bei den Temperaturmessungen nach Durchschneidung des Halsmarkes bei curarisirten Thieren machte. Es sind das theilweise dieselben Thiere, bei denen ich dann das Halsmark elektrisch reizte und die oben bereits angeführt sind; theils sind es aber Thiere, die zu anderen Versuchen verwendet wurden. Das Halsmark wurde etwa $^1/_2$—1 Stunde nach der Vergiftung mit Curare durchschnitten. Die Rectumtemperatur wurde schon vor der Durchschneidung jede 3. resp. jede Minute notirt. In den meisten Versuchen — ich habe deren 17 — konnte ich die Beobachtung machen, dass unmittelbar nach der Durchschneidung die Rectumtemperatur langsamer sank als vor der Durchschneidung, ja in 5 von 17 Versuchen stieg sogar die Temperatur um einige Zehntelgrade. In allen Versuchen sank sie aber nach einiger Zeit ebenso rasch oder auch rascher als vor der Durchschneidung des Halsmarkes. Wie sind diese Erscheinungen zu erklären? Die Durchtrennung des Halsmarkes lähmt die Gefässe, diese, besonders die Gefässe des Splanchnicusgebietes erweitern sich ausserordentlich stark, der Blutlauf verlangsamt sich — alles Momente, welche die Wärmeabgabe vermindern. Da gleichzeitig, wie es scheint, wenigstens Anfangs, die Wärmeproduction nicht in hohem Maasse herabgesetzt wird, ist es möglich, dass die innere Temperatur langsamer sinkt, ja sogar etwas in die Höhe geht. Später wenn die Oxydationsvorgänge in Folge der Gefässlähmung doch auch allmählich zurückgehen, die Wärmeproduction auch abnimmt, sinkt dann die Temperatur wieder rascher. Das dürfte wohl die nächstliegende Erklärung sein. In ähnlicher Weise erklärt auch Pflüger[1]) die von Einigen beobachtete Temperatursteigerung nach Rückenmarksverletzung.

1) Pflüger, Ueber Temperatur und Stoffwechsel der Säugethiere. Dieses Archiv Bd. XII, p. 282.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der University of Chicago.)

Ueber die Localisation der Athmung in der Zelle.

Von

Jacques Loeb und **Irving Hardesty.**

I.

Die Frage nach der Localisation des Athmungsvorgangs in der Zelle ist kürzlich von Demoor aufgeworfen und beantwortet worden[1]). Demoor beobachtete das Verhalten von Tradescantiazellen und Leucocyten im sauerstofffreien Raume. Er fand die früheren Beobachtungen von Kühne[2]) bestätigt, dass ohne Sauerstoff die Protoplasmabewegung nach einiger Zeit aufhört. Allein Demoor ging dadurch über diese Beobachtungen hinaus, dass er auch das Verhalten des Kerns mit berücksichtigte. Indem er seine Aufmerksamkeit auf Tradescantiazellen richtete, die im Vorgang der Theilung begriffen waren, fand er, dass die Kerntheilung im Sauerstoffvacuum sich vollenden konnte, während die sonst regelmässig nachfolgende Zellfurchung ausblieb. Unter der Voraussetzung, dass die Kerntheilung durch active Bewegungen des Kerns herbeigeführt werde, während die Zellfurchung (resp. die Membranbildung) eine Function von Protoplasmabewegung ist, schliesst Demoor aus jenen Beobachtungen, dass nur das Protoplasma Sitz der Athmung sei, während der Kern sich ohne Sauerstoff bewegen können. „Le noyau conserve son irritabilité et son activité alors même que l'oxygène fait défaut. La respiration externe ne lui est pas nécessaire, la respiration intramoléculaire est suffisante pour lui faire reproduire les multiples activités dont il est le siège. Le noyau aurait dont dans ces circonstances et peut être même d'une manière permanente une vie anaérobique". Wenn man diese Hypothese mit den von Demoor wirklich beobachteten Thatsachen vergleicht, so fällt die Incongruenz beider in die Augen. Demoor hat nämlich in Wirklichkeit nur

---

1) J. Demoor, Contribution à l'etude de la Physiologie de la cellule. Arch. de Biologie XIII. 1894.

2) Kühne, Untersuchungen über das Protoplasma. Leipzig 1864.

beobachtet, dass im Sauerstoffvacuum das Protoplasma ein wenig früher seine Beweglichkeit verliert als der Kern. Die Differenz scheint im Allgemeinen weniger als eine Stunde gewesen zu sein. Nun liegen aber eine Reihe von Beobachtungen über die Zelltheilung vor, die zeigen, dass ganz allgemein äussere Einflüsse früher resp. bei einer geringeren Intensität die Zelltheilung verhindern als die Kerntheilung. Da diese Vorgänge noch nie unter einem einheitlichen physiologischen Gesichtspunkt dargestellt worden sind, so wollen wir dieselbe zunächst im Zusammenhange betrachten.

II. Ueber Starrezustände lebender Substanz und deren Bedeutung für die Zelltheilung.

1. Wir verstehen bekanntlich nach Sachs unter der Reizbarkeit der lebendigen Substanz deren eigenthümliche Art, auf äussere oder innere Veränderungen (Reizursachen) zu reagiren. Soweit bei diesen Reactionen nur Bewegungsvorgänge (und nicht Empfindungen) in Betracht kommen, wie es z. B. bei der Zelltheilung der Fall ist, können wir auch den Begriff Reizbarkeit durch den Begriff specifische Beweglichkeit ersetzen. Unter der specifischen Beweglichkeit des Protoplasmas einer Zelle können wir uns eine Beweglichkeit vorstellen, die auf molecularen Aenderungen beruht, etwa von der Art, wie sie den Quincke'schen Ausbreitungserscheinungen zu Grunde liegen. In dergleichen Weise können wir von einer specifischen Beweglichkeit des Kerns sprechen. Die Kerntheilungsvorgänge sind demnach u. A. Function der specifischen Beweglichkeit des Kerns[1]), die Zelltheilung ist Function der specifischen Beweglichkeit des Protoplasmas. Nun ist es bekannt, dass die Reizbarkeit oder specifische Beweglichkeit des Protoplasmas nur innerhalb gewisser Grenzen der äusseren Umstände möglich ist, jenseits dieser Grenzen treten „Starrezustände"[2]) ein. Nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen ist beispielsweise das Protoplasma reizbar. Ist die Temperatur zu niedrig, so verliert es seine specifische Beweglichkeit, es wird „kältestarr", ist die Temperatur zu hoch, so tritt Wärmestarre ein. So tritt ferner „Trockenstarre" bei Wassermangel ein, sowie, wie schon Dutrochet

1) Die Function der Centrosome bei der Kerntheilung wollen wir hier, der Einfachheit halber, unberücksichtigt lassen.

2) Sachs, Die vorübergehenden Starrezustände periodisch beweglicher und reizbarer Pflanzenorgane. Gesammelte Abhandlungen I, S. 84.

fand[1]), eine Vacuumstarre bei Mangel an Sauerstoff. Die Starrezustände sind bekanntlich auch nicht auf die Erscheinungen an Pflanzen beschränkt, sie gehören vielmehr der allgemeinen Physiologie an und lassen sich ebensogut am Muskel wie an der Mimosa zeigen. Auch die Dunkel- und Lichtstarre, die in der Pflanzenphysiologie eine so grosse Rolle spielt, fehlt in der Thierphysiologie nicht. Loeb hat gezeigt, dass die Ansammlung von Planarien, Regenwürmern und anderen von ihm als „unterschiedsempfindlich" bezeichneten Thieren an dunklen Stellen des Raumes darauf beruht, dass diese Thiere beim plötzlichen Uebergang aus Licht in Dunkel in einen Ruhezustand, eine Dunkelstarre, verfallen, aus der sie nach einiger Zeit übrigens auch ohne Aenderung der Lichtintensität wieder erwachen können[2]).

2. Wir können nun die Frage aufwerfen, sind die Grenzen für die specifische Beweglichkeit des Kerns und Protoplasmas dieselben, oder mit a. W., treten die Starrezustände des Protoplasmas und Kerns unter qualitativ und quantitativ denselben Umständen ein? Die Zelltheilung folgt bekanntlich der Kerntheilung, sie ist auch eine Function der letztern. Wenn nun das Protoplasma in einen Starrezustand geräth, während die Beweglichkeit des Kerns nicht aufgehoben ist, so werden wir eine mehr oder weniger typische Kerntheilung erwarten dürfen, der aber keine Zelltheilung folgt. Wir werden der Reihe nach 2, 4, 8 etc. Kerne in der Zelle finden. Geht aber der Kern gleichzeitig oder noch früher in einen Starrezustand über, so werden wir weder Kern- noch Zelltheilung haben. So lassen sich die Vorgänge der Zelltheilung dazu benutzen festzustellen, ob die Bedingungen für die specifische Beweglichkeit des Kerns und Protoplasmas qualitativ und quantitativ gleich sind. Wir wollen nun die hierhin gehörigen Erscheinungen der Reihe nach kennen lernen.

Die Gebrüder Hertwig beobachteten 1887, dass Seeigeleier, welche nach der Befruchtung für einige Zeit in eine Chinin- oder Chloralhydratlösung gebracht worden waren, wenn sie später in Seewasser zurückkamen, eigenthümliche Furchungserscheinungen zeigten: Die Kerne theilten sich wiederholt, ehe das Protoplasma

1) Dutrochet, Du réveil et du sommeil des plantes. I Mémoires p. 238, Bruxelles 1837.

2) Pflüger's Arch. Bd. 54, S. 101. Bd. 56, S. 255.

an den Theilungserscheinungen theilnahm[1]). Ueber die Auffassung der Erscheinungen bemerkt O. Hertwig später (1893): „Durch die Experimente, die mein Bruder und ich sowie neuerdings Loeb an durchsichtigen Echinodermeneiern angestellt haben, sind die Wechselbeziehungen, die zwischen Kern und Protoplasma bei störenden Eingriffen stattfinden, im Grossen und Ganzen klargestellt worden. Es hat sich dabei gezeigt, dass der Kern viel weniger durch thermische, mechanische und chemische Eingriffe geschädigt wird, als das Protoplasma, er beginnt stets wieder viel früher in Thätigkeit zu treten und sich zu theilen, während das Protoplasma an diesen Vorgängen noch nicht in normaler Weise theilnimmt“[2]). Wir würden sagen, der durch die Giftwirkungen hervorgerufene Starrezustand verliert sich früher wieder beim Kern als beim Protoplasma.

Später fand Chabry, dass bei Eiern, die einseitigem Druck unterliegen, eine „segmentation bornée au noyau“ stattfindet. Eine Erklärung für diese Erscheinung hat er soviel wir wissen nie versucht.

3. Loeb veröffentlichte 1892 Versuche über den Einfluss der Wasserentziehung auf die Kern- und Zelltheilung[3]). Seeigeleier wurden gleich nach der Befruchtung, noch ehe eine Furchung stattfand, in Seewasser gebracht, dem ungefähr 2% NaCl zugefügt war. In diesem Medium konnte der Kern sich theilen, während keine Spur einer Zelltheilung eintrat. Die Erklärung, die Loeb für die Erscheinung gab, führte die Vorgänge der Zelltheilung auf die Reizbarkeit des Protoplasmas zurück. Er nahm an, dass die Zelltheilung eine Function der Kerntheilung sei, insofern die Kerne, nachdem sie sich getheilt haben, einen „Reiz“ auf das Protoplasma ausüben, der nunmehr das letztere zur Theilung veranlasst. Erhöht man die Concentration des Seewassers um einen gewissen Betrag, so verliert das Protoplasma Wasser und die Folge ist, dass das Protoplasma seine Reizbarkeit verliert, es geräth, wie wir mit Sachs sagen können, in den Zustand der Trockenstarre. Unter denselben Umständen aber hat der Kern seine specifische Beweg-

1) O. und R. Hertwig, Ueber den Befruchtungs- und Theilungsvorgang des thierischen Eis etc. Jen. Zeitschr. f. Nat. Bd. XX, 1887.

2) Ueber den Werth der ersten Furchungszellen. Arch. f. mikrosk. Anat. 1893. Bd. 42, S. 776.

3) Experiments on Cleavage. Journal of Morphology 1892. Vol. VII.

lichkeit noch bewahrt, es fährt fort sich zu theilen, aber das Protoplasma kann dem Reiz, den die Kerne, ausüben nicht mehr folgen. Gibt es nun bloss eine Trockenstarre für das Protoplasma oder auch für den Kern? Die weiteren Versuche zeigten, dass letzteres der Fall ist. Erstens ging die Kerntheilung in der concentrirteren Lösung nicht nur erheblich langsamer vor sich als normal, sondern sie kam auch nach ungefähr 6 Stunden meist ganz zum Stillstand. Zweitens aber war es nur nöthig die Concentration des Seewassers ein wenig zu erhöhen, um auch den Kern an der Theilung zu verhindern. Brachte man dann solche Eier in normales Seewasser zurück, so theilte sich der Kern wieder. Es ist also möglich, den Kern wie das Protoplasma durch Wasserentziehung in vorübergehende Trockenstarre zu versetzen, nur ist die Concentration des Seewassers, bei der der Kern seine specifische Beweglichkeit verliert, höher als die Grenze der Concentration, bei der das Protoplasma trockenstarr wird. Zur Erläuterung der Versuche hatte Loeb die Bemerkung hinzugefügt, dass Wasserentziehung auf das Protoplasma denselben Effect habe wie Temperaturherabsetzung und dass mit Zunahme des Wassergehaltes wie der Temperatur die Reizbarkeit des Protoplasmas wachse. Diese Bemerkung veranlasste Driesch, die Erklärung von Loeb zu beanstanden. Driesch hatte nämlich gefunden, dass auch bei ausnahmsweise hoher Temperatur (ca. 31°) gelegentlich Kerntheilung ohne Zelltheilung eintrete[1]) und ein Jahr später hat er das gleiche auch beobachtet bei Eiern, deren Wassergehalt erheblich erhöht war (durch Verdünnung des Seewassers mit 66 % Süsswasser)[2]). Driesch argumentirt nun folgendermaassen: Da nach Loeb's Angabe mit wachsendem Wassergehalt die Reizbarkeit zunimmt, und dabei doch Kerntheilung ohne Zelltheilung stattfindet, so kann Loeb's Erklärung der durch Wasserentziehung herbeigeführten Kerntheilung ohne Zelltheilung unmöglich richtig sein und die Hereinziehung des Begriffes Reizbarkeit in diesen Vorgang ist unberechtigt. Driesch übersieht nun dabei, dass die Reizbarkeit oder specifische Beweglichkeit des Protoplasmas nur

1) Entwicklungsmechanische Studien. (IV.) Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 55. 1892.

2) Entwicklungsmechanische Studien. (VIII.) Mittheil. aus der Zool. Station zu Neapel 11. 1893.

innerhalb gewisser Grenzen mit dem Wassergehalt resp. Temperaturgrad zunimmt und dass schliesslich Wasserstarre resp. Wärmestarre des Protoplasmas eintritt. Die Wasserstarre und Wärmestarre treten aber wieder früher für das Protoplasma als für den Kern ein. Die von Driesch beobachteten Erscheinungen entsprechen also der Theorie von Loeb und ordnen sich derselben in befriedigender Weise unter, während Driesch selbst angiebt, dass er keine einheitliche Auffassung der Erscheinungen zu bieten vermöge.

Wir müssen nun die Frage aufwerfen: Ist nur das Protoplasma der Wasserstarre und Wärmestarre ausgesetzt, oder kann auch der Kern denselben Starrezuständen unterliegen? Loeb hat beobachtet, dass bei frisch befruchteten Seeigeleiern, die in Seewasser gebracht werden, dem 100% seines Volumens Süsswasser zugesetzt sind, keine Kerntheilung und erst recht keine Zelltheilung eintritt, selbst wenn man sie 2 Stunden in einer solchen Lösung lässt, dass sie sich aber regelmässig furchen, wenn man sie in normales Seewasser zurückbringt. Der Kern geräth also ebenso in Wasserstarre wie das Protoplasma, nur muss die Verdünnung des Seewassers stärker sein als nöthig ist, um Wasserstarre des Protoplasmas allein hervorzurufen. In Bezug auf die Abhängigkeitder Reizbarkeit oder specifischen Beweglichkeit der Zelle vom Wassergehalt ihrer Elemente lässt sich also folgendes sagen: 1. Der Kern ist wie das Protoplasma nur innerhalb gewisser Grenzen der Concentration des Seewassers (resp. des Wassergehaltes der Zelle) reizbar. 2. Die Grenzen der Reizbarkeit sind für das Protoplasma enger und liegen innerhalb derjenigen für den Kern.

Aehnliches findet sich in Bezug auf die Temperatur: Kern und Protoplasma erliegen der Wärme- und Kältestarre, aber die Grenzen für den Eintritt der Starrezustände sind für das Protoplasma enger und liegen innerhalb derjenigen für den Kern.

4. Nicht anders aber ist es für die Vacuumstarre, und damit kommen wir zu den Versuchen von Demoor zurück. Es existirt nicht, wie Demoor schliesst, ein qualitativer Unterschied der Art, dass die Beweglichkeit des Protoplasma vom atmosphärischen Sauerstoff abhängig ist, während der Kern ohne Sauerstoff beweglich bleibt, sondern es besteht nur ein quantitativer Unterschied von der Art, wie wir ihn in Bezug auf Wassergehalt und Temperatur eben festgestellt haben: Bei Sauerstoffentziehung ver-

schwindet die specifische Beweglichkeit des Kerns sowohl wie die des Protoplasmas; nur dauert es etwas länger bis die Vacuumstarre beim Kern eintritt als beim Protoplasma. Mit dieser Annahme decken sich auch die Beobachtungen von Demoor. Wollte man aber in der Weise schliessen, wie es Demoor gethan hat, so müsste man nach dem ersten Theil von Loeb's Versuchen behaupten, dass nur das Protoplasma zu seiner Reizbarkeit Wasser nöthig habe, dass aber der Kern anhydrobisch sei, was aber durch den zweiten Theil seiner Beobachtungen widerlegt wird; gerade wie eine Weiterführung der Versuche Demoor's zweifellos dessen Schlussfolgerung widerlegen und unsere Auffassung bestätigen würde.

Wir sind auf diese Dinge deshalb so ausführlich eingegangen, weil die Bedingungen der Reizbarkeit von Kern und Protoplasma von fundamentaler Bedeutung für die Physiologie sind. Der Gedanke, dass in Bezug auf die Reizbarkeit und Starrezustände der Kern und das Protoplasma nur quantitativ verschiedenes Verhalten zeigen, erhält übrigens dadurch eine weitere Stütze, dass der Kern bekanntlich (neben Nucleinen) auch „Protoplasma“ oder jedenfalls doch Eiweissverbindungen enthält.

III. Ueber Veränderungen des Kerns bei der Erstickung.

1. Die interessanten Versuche Demoor's sind, wie wir sahen, ihrer Natur nach ungeeignet, über die Localisation der Athmung in der Zelle Aufschluss zu gewähren, sie sind nur ein weiterer Beitrag zur Lehre von den Starrezuständen von Protoplasma und Kern. Ist es aber überhaupt wahrscheinlich, dass die Athmung der Zelle nur auf eins ihrer morphologischen Elemente, nämlich Kern oder Protoplasma beschränkt sei?

Die Athmung ist ein chemischer Vorgang und daher könnte von einer derartigen Localisation nur dann die Rede sein, wenn entweder der Kern oder das Protoplasma allein die zur Athmung erforderlichen chemischen Verbindungen enthielte. Nun enthält der Kern aber Eiweissverbindungen, wie das Protoplasma, nur die Nucleine sind den ersteren allein eigenthümlich. Spielt sich der respiratorische Gaswechsel in den Eiweissverbindungen oder den anderen Bestandtheilen des „Protoplasmas“ ab, so müssen beide, Kern und Protoplasma an der Athmung theilnehmen. Vollzieht sich der respiratorische Gaswechsel dagegen ausschliesslich in den

Nucleinverbindungen, so könnte oder müsste allerdings die Athmung auf den Kern beschränkt sein. Das letztere ist aber mehr als unwahrscheinlich, da durch die Versuche von Pflüger, Speck und Zuntz festgestellt ist, dass das Muskelgewebe am respiratorischen Gesammtgaswechsel einen wesentlichen Antheil hat und weil gerade dieses Gewebe besonders arm an Nucleinverbindungen ist. Der Sitz der Athmung wird also, wenn nicht ausschliesslich so doch hauptsächlich in denjenigen Verbindungen zu suchen sein, die im „Protoplasma" vorhanden sind und die also auch im Kern nicht fehlen. Indem wir so auf Grund der schon bekannten Thatsachen zu der Ueberzeugung gelangen, dass auch der Kern an Athmungsvorgängen theilnimmt (weil er eben „Protoplasma" enthält), können wir die Frage aufwerfen, ob bei der Erstickung auch am Kern morphologische und microchemische Veränderungen auftreten. Daneben lässt sich gleichzeitig noch eine andere Frage erledigen. Es ist bekannt und noch neuerdings wieder von Speck in seinem werthvollen Buche über das menschliche Athmen betont worden, dass die Erstickungserscheinungen bei blossem Sauerstoffmangel von den durch CO_2 überschuss hervorgerufenen verschieden sind. Es war von Interesse zu erfahren, ob diesem Unterschiede morphologische Unterschiede im Verhalten von Kern und Protoplasma (Zellkörper) entsprechen. Wir stellten unsere Versuche der Bequemlichkeit halber an einzelligen Organismen — Paramaecium aurelia — an.

2. Ueber die Methode der Untersuchung ist folgendes zu bemerken. Wir entwickelten die Kohlensäure in der üblichen Weise und legten besonderen Werth darauf, dieselbe sorgfältig auszuwaschen. Im Falle der Erstickung durch blosse Sauerstoffentziehung bedienten wir uns entweder eines Wasserstoffstromes, oder einer alkalischen Pyrogallolösung; im letzteren Falle war die Versuchsanordnung ähnlich wie in Bunge's bekannten Versuchen. Als Gaskammer benutzten wir im Allgemeinen die von Kühne in seinen Versuchen angewandte, nur mit dem Unterschied, dass in unseren Versuchen Quecksilber als Sperrflüssigkeit diente und dass unser Apparat die directe Beobachtung der Paramaecien während des Versuches gestattete. Im Allgemeinen setzten wir einen Versuch so lange fort, bis Bewegungslosigkeit der Paramaecien eintrat. Dann wurden sie rasch in kochende gesättigte Sublimatlösung gebracht, gehärtet und geschnitten und schliesslich auf dem Object-

träger mit dem Biondi-Ehrlichschen Farbengemisch gefärbt. Ehe wir die Resultate der histologischen Untersuchung mittheilen, wollen wir kurz das Verhalten, die Lebensdauer und die Absterbeerscheinungen der Paramaecien in Kohlensäure und im Sauerstoffvacuum schildern.

3. Sobald der Kohlensäurestrom durch die Gaskammer geht, verlassen die auf einem Objectträger befindlichen und mit Deckglas bedeckten Paramaecien den Rand des Deckglases und sammeln sich im Centrum des Tropfens. Das dauert etwa 10—15 Minuten. Hierbei könnte es sich um positiven Chemotropismus gegen Sauerstoff oder um negativen Chemotropismas gegen Kohlensäure handeln. Ersetzt man aber die Kohlensäure durch sorgfältigst ausgewaschenen Wasserstoff, so bleibt diese Reaction aus. Die Paramaecien sind also negativ chemotropisch gegen Kohlensäure. Gegen völlig reinen Wasserstoff sind sie gleichgültig. Gegen Sauerstoff sind die Paramaecien positiv chemotropisch, wie schon Verworn angab[1]). In einer sehr einfachen Weise gelang es uns das zu zeigen, wenn wir eine oder mehrere Luftbläschen unter das Deckglas brachten und das Ganze einer Wasserstoffatmosphäre aussetzten. Die Infusorien schaarten sich in wenigen Minuten dicht um die Oberfläche der Luftbläschen, bis aller Sauerstoff daraus verdrängt war. Diese Erscheinungen laufen so rasch und deutlich ab, dass sie besonders geeignet sind positiven und negativen Chemotropismus in einer Vorlesung zu demonstriren.

4. Die Lebensdauer der Paramaecien in einer reinen Kohlensäureatmosphäre beträgt $2^1/_2$—$3^1/_2$ Stunden, bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, sie ist um so kürzer je wärmer es ist. Die Infusorien fangen alsbald an sich langsamer zu bewegen, sie überschlagen sich häufig und machen nur kurze Progressivbewegungen, diese hören schliesslich ganz auf, während die Cilien noch schwache Bewegung zeigen. Dann geht auch diese zu Ende. Die Thiere sterben dann, ohne andere makroskopisch wahrnehmbare Veränderung, als dass ihr Körper ein wenig mehr abgerundet und kugelförmig ist.

Ganz anders ist das Verhalten der Paramaecien in reinem Wasserstoff oder Stickstoff. Sie bleiben völlig beweglich und erst nach 24 Stunden fangen sie an bei gewöhnlicher Zimmertemperatur abzusterben, und zwar unter sehr stürmischen Gestalt-

1) Psychophysiolog. Protistenstudien. Jena 1889.

veränderungen. Das vordere Körperende verbreitert sich, es bilden sich hier und an der unteren Fläche blasenförmige Ausbuchtungen, diese letzteren zerplatzen und das Protoplasma wird hier herausgepresst. Nur das hintere Körperende bleibt unzertrümmert. Es ist nun merkwürdig, dass unter dem Einfluss des constanten Stromes die Paramaecien unter den gleichen Erscheinungen zu Grunde gehen. Wir hatten das schon gelegentlich beobachtet, als Ludloff die morphologischen Veränderungen der Paramaecien unter dem Einfluss des galvanischen Stromes beschrieb[1]). Ludloff hat diese Aenderungen der Körperform auf polare Wirkungen des Stromes bezogen. Bei der Sauerstoffentziehung durch Pyrogallol ist von einer polaren Wirkung äusserer Kräfte keine Rede und doch treten dieselben polaren Aenderungen der Form der Paramaecien ein. Wir dürfen also schliessen, dass diese Aenderungen wenigstens bei Paramaecium nicht ausschliesslich auf polare Wirkungen des galvanischen Stromes zurück zu führen sind. Was die Entstehung der Blasen bei Sauerstoffmangel betrifft, so beobachteten wir gelegentlich, dass derselben Zunahme im Volum und der Zahl der Vacuolen voraufgeht. Es wäre denkbar, dass eine Zunahme der Secretionsthätigkeit durch den Sauerstoffmangel hervorgerufen wird. Vielleicht handelt es sich um Aehnliches bei der Anwendung starker Ströme.

Die lange Erhaltung der Beweglichkeit der Paramaecien bei Fehlen des atmosphärischen Sauerstoffs verdient Beachtung, weil die vor 30 Jahren ausgesprochene Vermuthung Kühne's, dass zur Protoplasmabewegung vielleicht die direkte Berührung mit atmosphärischem Sauerstoff nöthig sei, neuerdings von Verworn zum Gegenstand einer besonderen Broschüre gemacht wurde. Allein die Entdeckung von Hermann, dass der Muskel ohne auspumpbaren Sauerstoff Arbeit zu leisten vermag, die ähnlichen Beobachtungen von Pflüger, Bunge's Beobachtung, dass gewisse Würmer eine Woche lang ohne Sauerstoff sich bewegen können, die Versuche von Loeb über die Entwicklung von Fischeiern ohne Sauerstoff, endlich die hier vorliegenden Beobachtungen an Paramaecien harmoniren mit der Anschauung, dass die unmittelbare Quelle der Energie für die Bewegung protoplas-

1) Untersuchungen über den Galvanotropismus. Pflüger's Archiv Bd. 59. 1895.

matischer Substanzen in Spaltungsvorgängen zu suchen ist, und dass die Oxydationsvorgänge nur eine weitere Energiequelle sind. Nur auf längere Dauer ist die Bewegung ohne Sauerstoff unmöglich. Dass die Zeit, in welcher die Protoplasmabewegungen der Leucocyten und Tradescantiazellen im Vacuum zur Ruhe kommen, erheblich kürzer ist als bei Paramaecien steht mit dieser Anschauung nicht im Widerspruch.

5. Den Beobachtungen über die histologischen Veränderungen des Kerns bei der Erstickung müssen wir folgende Bemerkung voraufschicken. Es ist nöthig, dass die Dicke der zu vergleichenden Schnitte von normalen, Kohlensäure- und Wasserstoffparamaecien genau die gleiche sei und dass auch die Expositionsdauer derselben beim Färben und Entfärben genau die gleiche sei. Man erreicht das bekanntlich, indem man die 3 Paraffinstücke, in denen die 3 Versuchsobjecte eingebettet sind, zusammenschmilzt, gleichzeitig schneidet und auf demselben Objectträger befestigt und färbt. Unter diesen Umständen zeigt sich bei genügender Vergrösserung, dass der Kern normaler Paramaecien amoeboide Form hat[1]), feine Granulationen zeigt und schwach blau gefärbt ist. Der Kern der in Kohlensäure erstickten Paramaecien war im Allgemeinen kugelförmig und contrahirt. Die Granulationen (Chromatinsubstanz) waren viel gröber, es sah aus als ob mehr als 1 Nucleolus darin vorhanden sei. Der Kern war viel dunkler gefärbt als bei den normalen Paramaecien. Ob das letztere ausschliesslich eine Folge der stärkeren Contraction des Kerns war, oder ob der Kern etwas saurer geworden war vermögen wir nicht zu entscheiden. In manchen Fällen war die Farbe des Kerns mehr grünlich als bei den normalen. Der Kern der in Wasserstoff oder Stickstoff erstickten Paramaecien hatte Amoebenform, war aber etwas mehr rundlich als der normaler Paramaecien. Die Granulationen waren klein wie im normalen Kern. Seine Farbe war entweder die der normalen Kerne oder etwas mehr in's röthliche spielend. Bei der Erstickung in Kohlensäure zeigt also der Kern deutliche Veränderungen, während bei der Erstickung in Wasserstoff und Stickstoff die stürmischeren Veränderungen im Protoplasmakörper allein stattfinden. Damit wollen wir den Bericht über diese Versuche abschliessen, mit deren Fortsetzung an anderen Formen wir beschäftigt sind.

---

1) Bei Behandlung mit kochender Sublimatlösung.

Unsere Abhandlung führt demnach zu folgenden Ergebnissen:

1) Die Reizbarkeit oder specifische Beweglichkeit des Kerns und Protoplasmas besteht nur innerhalb gewisser Grenzen der äusseren Einflüsse; jenseits dieser Grenzen gerathen Kern und Protoplasma in Starrezustände.

2) Die Bedingungen für den Eintritt der Starrezustände sind qualitativ die gleichen für Kern und Protoplasma, quantitativ aber sind die Grenzen für das Protoplasma enger und liegen innerhalb derjenigen des Kerns.

3) Wenn das Protoplasma theilungsfähiger Zellen sich bereits oder noch in Starre befindet, während die Grenze für den Starrezustand des Kerns noch nicht erreicht oder schon wieder geschwunden ist, so tritt Kerntheilung ohne Zelltheilung ein.

4) Da das Muskelgewebe einen hervorragenden Antheil am respiratorischen Gaswechsel hat, der Nucleingehalt desselben aber relativ gering ist, so ist es wenig wahrscheinlich, dass der chemische Vorgang der Athmung sich ausschliesslich in den Nucleinverbindungen abspiele; derselbe muss ganz oder in hervorragendem Maasse in den Eiweissverbindungen oder den übrigen Bestandtheilen des „Protoplasmas" stattfinden. Da „Protoplasma" aber auch im Kern nicht fehlt, so müssen beide morphologische Elemente, Kern und Zellkörper, an der Athmung theilnehmen.

5) Bei der Erstickung in Kohlensäure zeigt auch der Kern der Paramaecien stärkere Veränderungen; er verliert seine amoeboide Form, wird kuglig, seine Granulationen werden gröber. Bei der Erstickung in Wasserstoff und Stickstoff finden die stärkeren Veränderungen (Blasenbildung, Bersten) im Zellkörper der Paramaecien statt, während der Kern weniger stark verändert ist.

6) Die Aenderungen der Form des Zellkörpers der Paramaecien bei Erstickung in Wasserstoff und Stickstoff gleichen denjenigen bei Einwirkung starker constanter Ströme.

Blutbildung aus anorganischem Eisen.

Mit experimenteller Beihülfe des Herrn B. Anselm ausgeführt und dargestellt

von

Prof. **Kunkel** in Würzburg.

Die Frage nach den näheren Bedingungen der Eisen-Resorption, die für die therapeutische Verwendung bei anämischen Zuständen ganz unmittelbar praktische Bedeutung hat, ist noch immer nicht geklärt. Nach den vielfachen Diskussionen in der Literatur und in Aerzte-Versammlungen ist eine ausführliche Darstellung der streitigen Punkte nicht mehr nothwendig. Im Wesentlichen scheiden sich die streitenden Parteien bei der Frage, ob das in den gewöhnlichen anorganischen Präparaten dargereichte Eisen im Darm zur Resorption gelangen und dann zur Hämoglobinbildung verwendet werden kann. Die Mehrzahl der praktischen Aerzte ist noch immer dieser alten Meinung, die auch ihren praktischen Ausdruck darin findet, dass in unser Arzneibuch nur anorganische Eisenpräparate als therapeutica gegen Chlorose aufgenommen sind. Der anderen Meinung aber, die für die Hämoglobinbildung nur die organischen Eisen-Verbindungen, die in den gewöhnlichen Nahrungsmitteln enthalten sind, geeignet und bestimmt erklärt, hängen zur Zeit wohl die grössere Zahl der Physiologen und Pharmakologen an. Die Klärung des Zwiespaltes ist darum aus allen Gründen erwünscht.

Vor einiger Zeit habe ich im 50. Bande des Pflüger'schen Archivs Versuche beschrieben, die die Thatsache der Resorption anorganischer Eisenpräparate sicher erwiesen haben. Von der Mehrzahl der Autoren ist auch Anordnung und Ergebniss dieser Versuche als sichere Beweisstücke angenommen worden. Eine Bestätigung des wesentlichen Satzes dieser Arbeit, dass von anorganischen Eisensalzen in der That etwas im Darm aufgenommen und in eigenartiger (organischer) Bindung in der Leber aufge-

speichert wird, ist inzwischen in der Dissertation von **Woltering** (over de resorptie van ijzerzouten in het spijs verteringskanaal, Utrecht 1895) gegeben worden.

Um den Lehrsatz, dass der Organismus aus anorganischen Eisenverbindungen zuletzt Hämoglobin bilden, also sein Eisenbedürfniss vollständig befriedigen kann, ganz zu beweisen, sind jetzt weiterhin die folgenden 2 Beweisstücke zu erbringen. Der normal genährte Säugethierorganismus besitzt in seiner Leber einen gewissen Vorrath von organischen Eisenverbindungen, die sicher den Zweck zu erfüllen haben, für die fortgesetzt thätige physiologische Hömoglobinbildung und für die nothwendig gewordene Steigerung dieser Funktion (nach grossen Blutverlusten z. B.) das Reservematerial darzustellen. Die erste Frage ist die: Sind die Eisenverbindungen, die nach Eisenfütterung vermehrt in der Leber angetroffen werden, den Verbindungen identisch, die in der Leber normal ernährter Thiere als Reserve-Material vorhanden sind? Die Beantwortung dieser Frage — die ich bald zu bringen hoffe — ist nothwendig, von dem allgemein wissenschaftlichen Grunde der Vollständigkeit der Untersuchung abgesehen schon aus der Ueberlegung, weil man von einer verderblichen Siderosis der Organe, die nach Eisenfütterung auftreten könne, gesprochen hat. Das zweite Beweisstück lautet selbstverständlich so: Wird aus den Eisenverbindungen, die vom Darm aus nach Fütterung mit anorganischem Eisen resorbirt werden, wirklich Hämoglobin gebildet? Es ist klar, dass mit der Beantwortung dieser zweiten Frage die ganze oben berührte Diskussion eindeutig entschieden ist.

Die zweite Frage wird durch die nachfolgend beschriebenen Versuche bejahend beantwortet. Das hiefür benützte Experimentum crucis ergibt sich aus folgender Ueberlegung. Ich füttere ein Thier mit einer Nahrung, die alle Nahrungsstoffe in quantitativ und qualitativ richtiger Mischung enthält, nur Eisen in sehr geringer Menge. Diesem Thiere mache ich allwöchentlich einen starken Aderlass, gross genug, um die Gesammtblutmenge wesentlich zu alteriren, aber doch nicht so gross, dass dadurch das Fortleben des Thieres und seine wesentlichen Funktionirungen gestört würden (ich habe immer ein Drittel des Gesammtblutes entzogen). Das Eisen, das ich dem Thiere mit dem Blute entziehe, wird durch chemische Analyse bestimmt. Es gelingt durch entsprechende Versuchsanordnung leicht, dem Thier mehr Eisen zu entziehen, als

es in der Nahrung aufnimmt: Der Gesammtkörper muss an Eisen verarmen, vor Allem muss das Blut hämoglobinarm werden. Füttere ich jetzt das Thier mit einer gewöhnlichen Eisenverbindung und wird das Blut — bei immer gleichbleibender Versuchs-Anordnung — wieder von normalem Eisengehalt, so ist bewiesen, was zu beweisen war. Die wirkliche, von der vorstehenden schematischen Darstellung etwas abweichende experimentelle Durchführung war die folgende.

Als Nahrung gab ich ausschliesslich Kuhmilch, ein für junge Thiere (Hunde) in gewisser Menge gegeben vollständig ausreichendes Nahrungsmittel. Die Milch ist sehr eisenarm. Da die Angaben über den Eisengehalt der Milch schwanken, so habe ich von verschiedenen Praktikanten des Instituts quantitative Untersuchungen des Eisengehaltes der Mich ausführen lassen (Dissertation von Friederichs, Würzburg 1893), zuletzt von meinem Freunde, dem emeritirten Apotheker Herrn B. Anselm, der als äusserst gewissenhafter und tüchtiger chemischer Analytiker mich bei den chemischen Untersuchungen unterstützt. Anselm hat (Verhandlungen der physikal. medicinischen Gesellschaft Würzburg, N. F. 18. Bd. 1895) eine Reihe von Milch-Analysen nach der von mir im 50. Bande des Pflüger'schen Archivs beschriebenen und benutzten Methodik mit genau stimmenden Controll-Versuchen durchgeführt und als sehr wenig variirenden Durchschnitts-Gehalt der Kuhmilch gefunden: rund 1 mgr metallisches Eisen (1,4 mgr Fe_2O_3) auf 1 Liter Milch.

Der Versuch wurde durchgeführt an zwei jungen Hündchen, die 2 Wochen lang schon zuvor mit Kuhmilch als einer eisenarmen Nahrung gefüttert waren, um einer Aufspeicherung von Eisen entgegen zu arbeiten. Die Hündchen waren vom selben Wurf, noch im Wachsen, hatten das Anfangsgewicht von 2000 und 2300 gr. Sie erhielten jeder täglich 750 gr Milch, eine durchaus zureichende Nahrungsmenge, womit die Thierchen, wie die Sektion auswies, noch einen starken Fettansatz machen konnten. Der eine Hund B wurde nur mit Milch, der andere A mit Milch unter Zusatz von etwas Eisen gefüttert. Als Eisenhund wurde der schwächere, als Controllhund der stärkere gewählt. Als Eisenpräparat wurde der Liquor ferri albuminat. unseres Arzneibuches gewählt. Die Lösung wurde im Laboratorium von uns selbst gemacht unter Weglassung der vom Arzneibuch vorgeschriebenen aromatischen und weingei-

stigen Zusätze, weil das die Thiere scheuen. Die Lösung enthielt 4 gr Eisen auf 1000 gr Lösung. Die 30 Tropfen, die das Thier täglich in der Milch (mit dem Tropfglas gemessen) erhielt, wogen 1,1 gr und enthielten 4,4 mgr Eisen. Gewählt wurde das Präparat wegen seines Verhaltens zu Eiweissgemischen und wegen der fast vollständigen Geschmacklosigkeit. Es macht keine Eiweiss-Fällung, lässt sich der Milch in gleichmässiger Vertheilung zumischen und wurde von dem Hund ohne jede subjektive und objektive Störung durch die ganze Versuchsdauer genommen.

Die Thiere waren durch die Beobachtungszeit von jeder nicht controllirten Eisenaufnahme ferne gehalten. Verwahrt wurden sie in Holzkäfigen, auf Holzwolle als Unterlage. Der Käfig wurde von den Thieren nie benagt, die Unterlage nicht gefressen. Die Käfige standen in einem grossen luftigen Zimmer des Instituts. Mehrere Male täglich wurden die Thiere — unter strenger Beaufsichtigung — aus dem Käfig gelassen, um sie frei sich tummeln zu lassen. Die Thiere erfreuten sich bis zum Tode des besten Wohlbefindens. — Die Milch wurde in Glasflaschen geholt, in gut glasirten Porzellanschalen gekocht (wegen der Säuerung) und mit dem Messcylinder den Thieren vorgegeben. Einmal bekamen die Hündchen dünnen Stuhl, wohl von sauer gewordener Milch. Durch 2 Tropfen Opiumtinktur, und entsprechende Sorgfalt in der Behandlung war sofort Alles wieder in Ordnung. Allwöchentlich wurde den Thieren ein Aderlass gleichzeitig gemacht: beiden wurde etwa ein Drittel der vorhandenen Blutmenge entzogen. Dieser Aderlass wurde siebenmal wiederholt, so dass also jedes Thier die zwei- bis zwei und ein halbfache Menge des Blutes verlor, das es beim Versuchsbeginn besessen hatte. Die Thiere ertrugen diesen schweren Eingriff, ich möchte sagen, spielend, ein Beweis für die enorme Reproduktionskraft, die dem gesunden Thier-Organismus innewohnt.

Die vivisektorischen Eingriffe wurden alle von mir mit grösster Sorgfalt ausgeführt. Die Blutgefässe wurden unter antiseptischen Cautelen lege artis isolirt, Kanülen eingesetzt, das Blut in tarirten Gefässen aufgefangen, die Kanülen mit den Zuleitungsröhrchen zuletzt ausgeblasen. So gingen bei jeder Operation höchstens ein paar Tropfen Blut verloren. Nur bei einer Operation passirte ein kleines Unglück dadurch, dass beim Isoliren der Vena jugularis ext. in der Narbe einer früheren Unterbindung ein kleiner

Seitenzweig angerissen und so eine geringe Blutung verursacht wurde. Es ist das in der unten folgenden Tabelle erwähnt und der Blutverlust annähernd mit in die Rechnung eingesetzt. — Alle Operationen sind in Aether-Narkose ausgeführt, die von Hunden ausgezeichnet ertragen wird. Es ist zweckmässig, den Aetherdampf sehr concentrirt einathmen zu lassen. Wenige Minuten nach Beendigung der Operation waren die Thiere munter, frassen nach etwa $1/4$ Stunde; niemals trat irgend welche unangenehme Nachwirkung, Erbrechen, Traurigsein, Frösteln auf.

Die Ergebnisse des Versuchs stehen in der Tabelle I.

Tabelle I.

	Hund A mit Eisen	Hund B ohne Eisen
I.	3. Mai. Gewicht 2050 44,2 Blut carotis sin. enthält 0,0215 Fe_2O_3 also 100 Blut 0,0486 Fe_2O_3.	3. Mai. Gewicht 2350 50,6 Blut carotis sin. enthält 0,0227 Fe_2O_3 also 100 Blut 0,0448 Fe_2O_3.
II.	10. Mai. Gewicht 2303 45,9 Blut a. femor. sin. enthält 0,0178 Fe_2O_3 also 100 Blut 0,0388 F_2O_3.	10. Mai. Gewicht 2704 54,2 Blut art. femor. sin. enthält 0,0273 Fe_2O_3 also 100 Blut 0,0503 Fe_2O_3.
III.	18. Mai. Gewicht 2360 54,3 Blut art. fem. dex. enthält 0,0192 Fe_2O_3 100 Blut 0,0286 Fe_2O_3.	18. Mai. Gewicht 2735 56,0 Blut art. femor dex. enthält 0,0145 Fe_2O_3 100 Blut 0,0259 Fe_2O_3.
IV.	25. Mai. Gewicht 2550 58,1 Blut carot. dext. enthält 0,0194 Fe_2O_3 100 Blut 0,0334 Fe_2O_3.	25. Mai. Gewicht 2870 63,3 Blut carot. dext. enthält 0,0192 Fe_2O_3 100 Blut 0,0303 Fe_2O_3.
V.	1. Juni. Gewicht 3015. 53,3 Blut ven. jug. e. si. enthält 0,0194 Fe_2O_3 100 Blut 0,0363 Fe_2O_3.	1. Juni. Cewicht 3185 54,3 Blut ven. jug. ext. sin. enthält 0,0127 Fe_2O_3 100 Blut 0,0234 Fe_2O_3.
VI.	8. Juni. Gewicht 2765 (Diarrhoe) 59,6 Blut ven. jug. ext. de. enthält 0,0229 Fe_2O_3 100 Blut 0,0384.	8. Juni. Gewicht 3058 (Diarrhoe) 48,8 Blut ven. jug. ext. dex. (etwas Blut verloren, vielleicht 2 bis 3) 48,8 enthalten 0,0111 Fe_2O_3. 100 Blut 0,0227.
VII.	15. Juni. Gewicht 2930 39,6 Blut ven. jug. e. sin. enthält 0,0138 Fe_2O_3 100 Blut 0,0348 Fe_2O_3.	15. Juni Gewicht 3323 21,5 Blut ven. jug. ext. sin. enthält 0,0042 Fe_2O_3 100 Blut 0,0195 Fe_2O_3.

Der Versuch musste nach dem VII. Aderlass abgebrochen werden, da das Blut nur äusserst schwer floss, wiederholt in der Kanüle gerann, so dass nur durch wiederholtes Ausputzen der Kanüle (Drähtchen mit Widerhacken) die wirklich untersuchten Mengen zu erhalten waren. Die zu lange Ausdehnung der Narkose aber war bedenklich, da das Hündchen B ausserordentlich anämisch schien. Eigens sei bemerkt, dass in dem äusserlichen Benehmen des Hündchens eine Veränderung gegen die Norm nicht zu constatiren war: das Thierchen sprang lustig im Zimmer umher, bellte, spielte wie in seinen besten Tagen. Die Angabe, die in der Literatur vorliegt, dass Füttern mit sehr eisenarmer Nahrung Störungen in der Psyche des Thieres hervorbringt, kann ich darnach nicht bestätigen. Oeffnete man aber dem Hündchen B die Mundhöhle, so sah jeder Laie auf den ersten Blick am blassen Aussehen der Zunge, des Gaumens u. s. w. die hochgradige Blutleere. Das Eisenhündchen A dagegen erklärte jeder Laie für normal. Die ausserordentlich leichte Gerinnbarkeit des Blutes gegen Ende des Versuchs zeigte dieses Thier aber auch.

Die Bilanz der Eisenbewegung der beiden Thiere wird klar, wenn Einnahmen und Ausgaben übersichtlich zusammengestellt werden (Ausgaben sind hier nur die Verluste durch den wiederholten Aderlass: Harn und Koth sind nicht untersucht).

Tabelle II.

Hund A mit Eisen		Hund B ohne Eisen	
Verloren Blut:	darin Fe_2O_3	**Verloren** Blut:	darin Fe_2O_3
44,2	0,0215	50,6	0,0227
45,9	0,0178	54,2	0,0273
54,3	0,0192	56,0	0,0145
58,1	0,0194	63,3	0,0192
53,3	0,0194	54,3	0,0127
59,6	0,0229	48,8(+2,2=51,0)	0,0116
39,6	0,0138	21,5	0,0042
355,0	0,1340	350,9	0,1122

Eisen erhalten:		Eisen erhalten:	
750 Milch	0,00105 Fe_2O_3	750 Milch	0,00105 Fe_2O_3
Dazu 1,1 gr Liquor ferri album.	0,0063 Fe_2O_3		
also in 1 Tag	0,00735 Fe_2O_3	also in 1 Tag	0,00105
in 1 Woche	0,05145 Fe_2O_3	in 1 Woche	0,00735
in 6 Wochen	0,30870 Fe_2O_3	in 6 Wochen	0,04410
(in 7 Wochen	0,36015 Fe_2O_3)	(in 7 Wochen	0,05145)

Der Hund B hat in 7 Aderlässen 112 mgr Eisenoxyd verloren, in derselben Zeit aber in der Nahrung nur 44 milligr Eisenoxyd erhalten. Diese Verarmung an Eisen drückt sich in der absoluten und procentischen Verarmung des Blutes an Eisen (vergl. Tabelle I) deutlich aus. Nicht dieses Resultat aber ist auffallend: diese Eisenarmuth ist ja nothwendig. Merkwürdig ist, dass das andere Hündchen, das in toto noch etwas mehr Blut und darin 134 mgr Eisenoxyd verloren hatte, diesen Eisenverlust aufbringen konnte, ohne die Erscheinungen der Anämie, die für jeden Laien erkennbar am Hündchen B in auffallendster Weise ausgeprägt waren, darzubieten. Erklärbar ist dieses Resultat nur, wenn man die einzig mögliche Annahme macht, dass das Hündchen von dem Eisen des Liquor ferri albuminatus etwas resorbirt und für seine Blutneubildung verwendet hat. Noch bestimmter wird dies Ergebniss durch folgende Untersuchung. Beide Hündchen wurden 1 Woche nach dem letzten Aderlass in der Aethernarkose getödtet, alle Organe von den grossen Arterien aus mit warmer Kochsalzlösung von 0,8 pCt. durchgespült, die Spülwässer gesammelt, bis sie farblos abliefen. Auf diese Weise ist ja nicht alles Blut zu gewinnen, immerhin sind gegen 70 pCt. so auszuwaschen. Auf beide Hunde wurde nur zum Auswaschen je ein ganzer Vormittag verwendet, die Spülwasser natürlich mit grösster chemischer Reinlichkeit gesammelt, dann in Platinschalen eingedampft, verascht und das Eisen wieder quantitativ bestimmt. Aus den durchgespülten Hündchen wurden dann die einzelnen Organe auspräparirt, gewogen und wieder quantitativ auf Eisen untersucht.

Die Resultate stehen in Tabelle III, siehe folgende Seite.

Die Zahlen dieser Tabelle sprechen für sich allein. Der enorme Unterschied im Eisengehalt aller Organe bei den beiden Thieren — nachdem anfänglich der Hund B im Eisengehalt seines Blutes seinen schwächeren Bruder A übertroffen hatte — ist einfacher Weise nur so zu erklären, dass der Hand A von dem ihm gegebenen Eisenpräparat eine gewisse Menge resorbirt hat. — Bedenkt man, dass die Beweisstücke, die gegen die Resorption anorganischer Eisenpräparate vorliegen, nur negativer Natur sind, dass aber positive Beweisstücke für diese Resorption jetzt schon sicher erbracht sind, so ist nach meiner Meinung nicht einzusehen, warum man die im vorliegenden Aufsatze beschriebenen neuen Thatsachen nicht nach dem einfachsten Erklärungsmodus erklären,

Tabelle III.

Hund A mit Eisen	Hund B ohne Eisen
21. Juni mit Aether getödtet. Gewicht 3150.	22. Juni mit Aether getödtet. Gewicht 3300.
I. Blut ausgespült: enthält 0,0404 Fe_2O_3.	I. Blut ausgespült: enthält 0,0252 Fe_2O_3.
II. Leber wiegt 133,8 davon verascht 82,2 enthalten 0,0195 Fe_2O_3 die ganze Leber also 0,0317 Fe_2O_3.	II. Leber wiegt 151,2 davon verascht 86,9 enthält 0,0025 Fe_2O_3 also ganze Leber 0,0043.
III. Milz 7.2 enthält 0,0043 Fe_2O_3.	III. Milz 7,3 enthält 0,0013 Fe_2O_3.
IV. Nieren 27,0 enthalten 0,0025 Fe_2O_3.	IV. Nieren 30,2 enthalten 0,0014 Fe_2O_3.
V. Rippen 11,1 gr enthalten 0,0011 Fe_2O_3.	5. Rippen 9,9 nicht genau wägbar: gewogen wurde 0,0001 Fe_2O_3.

sondern lieber mit ausserordentlich verwickelten Hypothesen der Natur Zwang anthun will.

Einige Besonderheiten der Tabelle seien noch kurz erwähnt.

Merkwürdig und auffallend ist, dass das Blut des Hundes B noch immer soviel Eisen enthält, wie hier gefunden wurde, so gross auch der Unterschied im absoluten und relativen Gehalt bei beiden Thieren ist. Während der Unterschied zwischen beiden Thieren bei der blutfreien, von der Pfortader her sorgfältig durchgespülten Leber das Achtfache etwa beträgt, ist er im Blut nicht viel mehr als das anderthalbfache. Da die Verhältnisse hier so einfach liegen und keine sicher constatirte Thatsache mit unserer Auffassung im Widerspruch steht, so ist es erlaubt, auch aus einem Versuch Folgerungen zu ziehen. Es scheint darnach, als ob der Organismus auf alle Fälle bestrebt ist, sein Blut auf richtiger Zusammensetzung, d. i. richtigem Hämoglobingehalt zu erhalten. Geht durch einen starken Blutverlust viel Hämoglobin verloren, so sucht der Organismus diesen Verlust rasch wieder zu ersetzen. Aus den Versuchen über Blutersatz nach grossen Aderlässen (worüber unten noch Näheres) wissen wir, dass schon nach etwa einer Woche der Ersatz geleistet ist. Das Eisen, dessen die blutbereitenden Organe hierzu bedürfen, nimmt der Organismus aus

dem Eisenbestand der Leber. Nach den verschiedenartigen Einzelerkenntnissen, die wir jetzt schon über die Eisenaufspeicherung gewonnen haben, erscheint es kaum mehr zweifelhaft, dass die Leber neben anderen Funktionen auch die hat, als Behälter für den Eisenvorrath zu dienen. Die Eisenaufspeicherung in der Leber nach reichlicher Eisenfütterung, der Eisenreichthum nach subcutaner Application, der hohe Eisengehalt und die bedeutende absolute Grösse der Leber bei neugebornen Säugethieren, die Verarmung an Eisen nach schweren Aderlässen, die schweren Formen von Anämie nach Leber-Erkrankungen und manche andere Gründe sprechen hierfür. Der Hund B unseres Versuchs hatte in der Leber noch 4 mgr Eisen: es ist schade, dass nicht noch einige Aderlässe gemacht wurden: das Thier stand an der Grenze der möglichen Leistungen. Die Untersuchung, welche klinischen Erscheinungen dann endlich eintreten, wenn das Hämoglobin nicht mehr ersetzt werden kann, ist jetzt anzuschliessen: der ganze hier beschriebene Versuch muss wiederholt und erweitert werden.

Das Thier A enthielt in seinem Blute noch 0,0404 Fe_2O_3. Nach der Tabelle 1 kann man den Eisengehalt des Blutes der letzten Aderlässe rund zu 0,036 Fe_2O_3 auf 100 Blut annehmen; dann entsprächen die 0,0404 Fe_2O_3 etwa 120 gr Blut; von den 200 gr Blut, die das Thier insgesammt etwa enthielt, nicht ganz 60 % (weniger als erwartet wurde!). Bei dem Hunde B ist nach den fallenden Zahlen der Tabelle I der Gehalt an Fe_2O_3 für 100 Blut etwa zu 0,018 Fe_2O_3 anzunehmen: dann entsprächen die 0,0252 F_2O_3 gegen 140 gr Blut, d. i. etwa 63 % von den 220 gr insgesammt, die das Hündchen beim Verbluten ungefähr enthalten hatte.

Die Milz (von der Arterie her ausgespült) zeigt einen deutlichen Unterschied im Eisengehalt. Die Durchspülung ist hier nur durch kurze Zeit gemacht, weil Veränderung des Gewebes, Anschwellung des ganzen Organes durch Retention der dünnen Salzlösung etc. befürchtet wurde. Auffallend ist gegenüber den anderen Organen der Eisenreichthum der Milz: das Hündchen A hatte in 100 Milz 0,06 Fe_2O_3, das Hündchen B in 100 Milz 0,018 Fe_2O_3.

Die Rippen wurden untersucht, um von Knochen mit rothem blutbildendem Mark Vergleichszahlen zu gewinnen. Die Weichtheile waren genau abgekratzt, die Knorpel weggenommen. Schon makroskopisch zeigte sich ein deutlicher Unterschied: das Mark

des Hündchens A hatte die charakteristische rothe Farbe, das des Hündchens B war nur schwach blassroth gefärbt. Auch die chemische Analyse zeigte einen deutlichen Unterschied: doch sind die absoluten Mengen des isolirten Eisenoxyds sehr gering und darum beweisen die angegebenen Zahlen nur soviel, dass auch für das rothe Mark ein beträchtlicher Unterschied des Eisengehaltes bei den beiden Thieren besteht.

Einzelne Punkte, die im Texte der vorstehenden Abhandlung nicht genügend besprochen sind, sollen hier noch berührt werden.

1. Bestimmungen der Blutkörperchenzahl und des Hämoglobingehaltes in den entzogenen Blutmengen sind oben nicht angegeben. Dieselben sind nur in einigen Versuchen gut durchgeführt, in anderen wiederholt verunglückt, so dass ich die wenigen brauchbaren Zahlen lieber weggelassen habe. Die Ausführung war bei den späteren Aderlässen durch die schnelle Gerinnung des Blutes sehr erschwert. Ich selbst konnte mich dabei nicht betheiligen, da mir die möglichste Abkürzung der Narkose, die rasche Beendigung des vivisektorischen Eingriffes und die zweckmässige Nachbehandlung der Thiere vor Allem am Herzen lag. Da ja erwiesen ist, dass ausser dem Hämoglobin kein Eisen (im Blutserum) vorkommt, so thut dieser Mangel der Grundidee des Versuches keinen Eintrag. Bei der schon angesetzten Wiederholung des ganzen Experimentes werde ich für Ergänzung dieses Beobachtungs-Materials, auch für mikroskopische Untersuchung (des Blutes wenigstens) Sorge tragen.

2) Bei dem auf Eisen-Carenz gesetzten Hündchen B nimmt eigentlich erst vom 5. Aderlass ab das Bluteisen deutlich und rasch ab. Dass beim 2. oder 3. Aderlass gleich ein sehr auffallender Unterschied eintreten werde, hatte ich gar nicht erwartet. Aus den Erfahrungen, die wir über die schnelle Bluterneuerung nach ausgiebigen Aderlässen bereits besitzen, muss man die Folgerung ziehen, dass der Organismus für die oft rasch und umfänglich nothwendig gewordene Hämoglobin-Neubildung nicht auf das von heute auf morgen resorbirte Eisen sich verlassen kann, sondern einen grossen Vorrath beständig aufgespeichert haben muss. Ich habe schon oben die Ansicht entwickelt, dass dieses aufgestapelte Eisen im Wesentlichen in der Leber deponirt ist. Immerhin ist es höchst merkwürdig, dass ein Thier bei durchaus

ungenügender Eisenzufuhr in 3 Wochen sein Blut vollständig erneuern, ja noch ein Viertel der Ausgangsmenge darüber mehr bilden kann.

Das Hündchen B hat in den vier ersten Aderlässen 214 gr Blut verloren: vor dem ersten Aderlass hatte es überhaupt nur etwa 170 gr besessen. — Wir müssen also annehmen, dass im Zusammenklang mit der Wichtigkeit des Hämoglobins für den Bestand des Lebens auch die Einrichtungen für dessen Neubildung von grosser Zuverlässigkeit und Kraft der Aktion sind. — Auch für die Würdigung der Zustände von krankhafter Blutverarmung beim Menschen ist dies Ergebniss von grosser Bedeutung. — Es ist schon oben bemerkt, dass die Einzeladerlässe von mir zu etwa ein Drittel der vorhandenen Blutmenge geplant waren. Dieser Verlust wird ohne Schädigung und Gefährdung der Integrität des Gesammtorganismus ertragen. Die Frage der Bluterneuerung nach Aderlässen brauche ich hier nicht weiter zu discutiren. Die sehr reichhaltige Literatur hierüber ist bekannt: zusammengestellt ist sie zuletzt in der Dissertation von Richard Bier (Würzburg 1895).

3. Kurz sei darauf aufmerksam gemacht, wie vollkommen die Thiere mit der verringerten Blutmenge, mit der sie in dem grössten Theil der „Aderlasszeit" haushalten mussten, alle physiologischen Bedürfnisse befriedigen konnten. Nichts als die Blässe der Schleimhäute beim Hündchen B gegen Ende des Versuchs verrieth dem Beobachter den schweren Eingriff, dem die Thiere unterworfen wurden. — Das Hündchen A war ein zahmes, zutrauliches Thierchen, das Hündchen B energisch, wachsam, tapfer im Angriff gegen Fremde. Alle Aeusserungen dieser Temperaments-Unterschiede blieben bis zuletzt in ganzer Frische erhalten. — Das Wohlbefinden der Thiere ist übrigens auch durch deren gutes Gedeihen garantirt, das in den zunehmenden Gewichtszahlen ausgedrückt ist.

4. Nur bei oberflächlicher Betrachtung kann die grosse Inconstanz in dem Gewicht der Thiere auffallen. Da die Thiere ja nur Milch (eine Nahrung mit 90% Wasser) erhielten und zwar täglich in der Menge von 20 bis 30% ihres Körpergewichtes, so muss der jeweilige Füllungszustand des Darms, der Blase, der schwankende Wassergehalt des Blutes von grösstem Einfluss auf das Körpergewicht sein. Die Thiere wurden allemal vor Beginn

der Aetherisirung gewogen. Ausführung der Wägung etwa zu früher Morgenstunde hätte kein gleichmässigeres Resultat ergeben, da man bei jungen Hunden nie sicher ist, wann sie Blase und Mastdarm vollkommen entleert haben.

Es ist darum auch, da die Thiere bei Ausführung der einzelnen Blutentziehungen sich in verschiedenen Phasen der Verdauung, und darum auch der Resorption befanden, nicht auffallend, dass bei den ersten Aderlässen der procentische Eisengehalt des Blutes so verschieden ist. Es ist das nach meiner Meinung und meinen Erfahrungen nur auf verschiedenen Wassergehalt des Blutes zu beziehen, der natürlich um so auffallender hervortritt, je kleiner das Thier und je grösser demgemäss die auf 1 kgr Thier gereichte tägliche Nahrungsmenge ist. Es ist darum auch auf die Einzelzahlen oben kein besonderes Gewicht gelegt, sondern nur aus dem Gesammtverlauf des ganzen Versuchs ist der Schluss gezogen, dem hoffentlich meine Leser zustimmen werden.

Nachtrag zu den „Beiträgen zur Stoffwechsellehre".

Dies Archiv Bd. 58, S. 309.

Von

Immanuel Munk
in Berlin.

In meiner ersten Mittheilung

„Ueber die obere Grenze für den Ersatz des Nahrungseiweiss durch Leimstoffe"

habe ich einen Versuch beschrieben, in dem bei einem fast 10 kgr schweren Hunde, der ausser Eiweiss (mit 9,73 gr N) noch 57 gr Fett und 84 gr Kohlehydrate erhielt, volle $^5/_6$ des Eiweiss-N durch Leim-N ersetzt werden konnten, sodass nur 1,57 gr Eiweiss-N in der Nahrung blieben (und 1,26 gr Eiweiss-N verbraucht wurden), ohne dass das N-Gleichgewicht gestört wurde, vielmehr noch vom Futter-N per Tag 0,31 gr im Körper zurückblieben. Während nun in der Vorperiode[1]) der Harn-N 8,67—8,53—8,9—8,91 gr betrug, stieg beim Ersatz des Eiweiss-N durch Leim-N an den ersten Tagen die N-Ausfuhr auf 9,07 resp. 8,88 gr an und stellte sich an den späteren Leimtagen auf 8,62 und 8,17 gr ein. Als nun in der Nachperiode wieder zum eiweissreichen Futter der Vorperiode zurückgekehrt wurde, stieg an den beiden ersten Tagen der Harn-N wieder auf 9,18 und 9,11 gr an, den höchsten Werthen, welche überhaupt während der ganzen Versuchsreihe zur Beobachtung kamen und die um $^1/_{12}$ höher waren als an den letzten Leimtagen, um weiterhin nur 8,72—8,78—8,81—8,89 gr zu betragen. Diese Erscheinung, dass in den ersten Tagen jeder neuen Periode der Harn-N sich höher stellt, als in den späteren Tagen, eine Beobachtung, die auch von v. Noorden und dessen Schülern wiederholt gemacht worden ist, glaubte ich so deuten zu sollen, dass

---

1) a. a. O. Tabelle S. 316.

jeder Wechsel der Nahrung zunächst ein Ansteigen der N-Ausfuhr bewirkt, bis dann allmählich der N-Umsatz sich der N-Einfuhr anpasst.

Von befreundeter Seite bin ich darauf aufmerksam gemacht worden, dass, wenn auch meine Deutung zutreffen möchte, doch die höchst auffällige Steigerung im Harn-N an den beiden ersten Tagen jeder neuen Periode, zu einem Theile wenigstens, in einem andern, bisher nicht genügend gewürdigten Momente seinen Grund haben könne.

Nach der zuerst von C. Voit benutzten Methode habe ich zum Zweck der Kothabgrenzung dem Hunde Knochen gegeben, und zwar am Morgen des ersten Tages jeder Periode, 6 Stunden vor Darreichung des neuen Futters. Und wenn ich auch die Mengen der jedesmal verabreichten Knochen kleiner gewählt habe, als sonst wohl üblich, so waren es doch immer noch 25 gr Knochen, die eine nicht zu vernachlässigende Menge von resorbirbarem N, überwiegend in Form von leimgebender Substanz, einschliessen.

Wie viel N aus den Knochen im Darm des Hundes resorbirt wird, darüber giebt ein neuerdings von Zuntz ausgeführter Versuch Aufschluss, der als Anhang zu der seinem Laboratorium entstammenden Arbeit von Magnus-Levy[1]) mitgetheilt ist. In diesem Versuch an einem grossen Hunde von 30 kgr, der 3 Tage hungerte, dann an einem Tage 955 gr Knochen von analysirtem N-Gehalt (und 33 gr N einschliessend) bekam, dann wieder 3 Tage hungerte, wurden, nach Maassgabe des Ueberschusses im Koth-N dieses und der folgenden Tage über den N des Hungerkothes, 23,26 gr N resorbirt, die einen dem entsprechenden, grösseren N-Umsatz an dem Fütterungs- und den nachfolgenden Tagen bewirkten; somit schlossen die verfütterten Knochen feucht 2,44 % resorbirbaren N ein[2]).

Diese Erfahrung auf unseren Fall angewendet, hätten die jedesmal zur Kothabgrenzung gegebenen 25 gr Knochen ($^{25}/_{100} \times 2,44 =$) 0,61 gr resorbirbaren N enthalten. Da nun jede Steigerung der N-Resorption auch den N-Umsatz in die Höhe treibt, musste schon dieserhalb am 1. resp. auch am 2. Tage jeder neuen Pe-

1) Dies Archiv 55, 1; der Versuch von Zuntz findet sich auf S. 123 dieser Arbeit.

2) $955 : 100 = 23,26 : x$; $x = 2,44$ %.

riode die Menge des Harn-N grösser sein als an den folgenden Tagen, an denen keine Knochen verabreicht wurden.

So fanden sich an den

2 ersten Leimtagen im Ganzen	17,95 gr	Harn-N
2 letzten „ „ „	16,79 „	„
Differenz	1,16 „	Harn-N

von denen etwa 0,61 gr N auf den resorbirten Knochen-N zu beziehen sind, sodass nur 0,55 gr Harn-N als Ueberschuss der beiden ersten Leimtage bleiben, die vermuthlich, der obigen Deutung entsprechend, auf den Wechsel der Nahrung zurückzuführen sind.

Noch schlagender ist der Einfluss des aus den zur Abgrenzung gegebenen Knochen resorbirten N in der auf die Leimperiode folgenden Nachperiode III, in der zum Futter der Vorperiode zurückgekehrt wurde. Hier fanden sich:

an den 2 ersten Tagen	18,29 gr	Harn-N
Mittel für 2 spätere Tage[1] . .	17,6 „	„
Differenz	0,69 gr	Harn-N;

dieser in den beiden ersten Tagen als Plus durch den Harn ausgeschiedene N-Betrag entspricht hier ziemlich genau dem resorbirten Knochen-N (0,61 gr).

Aus dieser Ableitung ergibt sich auch, dass, so zweckmässig sich beim Hunde zur Kothabgrenzung die Knochen erweisen und es auch sind, wofern es sich nur um Fragen der Nahrungsausnützung oder Resorption handelt, sie doch Complikationen und, da die Knochen je nach ihrem Wassergehalt (ob feucht, ob trocken) wechselnde N-Mengen einschliessen, rechnerisch nicht einfach zu übersehende Steigerungen im N-Umsatz bewirken. Wenn schon mit 25 gr Knochen 0,61 gr N zur Resorption gelangen — und unter 20 gr kann man nicht wohl heruntergehen, wenn man eine scharfe Abgrenzung erzielen will —, so muss sich die dadurch bedingte Steigerung im N-Umsatz und damit im Harn-N in um so höherem Grade geltend machen, je niedriger an sich der N-Gehalt der Nahrung ist, ein Punkt, auf den ich demnächst zurückkomme, wenn ich zu der Mittheilung von Erwin Voit und Korkunoff

1) Für den 3. bis 6. Nachtag beträgt der Harn-N im Ganzen 35,2 gr, also für 2 Tage 17,6 gr.

über das typische Eiweissminimum auf Grund eigener, älterer wie neuerer Erfahrungen und Beobachtungen Stellung nehmen werde.

Gerade in Rücksicht auf die Steigerung des N-Umsatzes durch die zur Kothabgrenzung verfütterten Knochen wird es geboten sein, bei Fragen, in denen es scharf auf die N-Ausfuhr durch den Harn ankommt, von den durch C. Voit eingeführten Knochen Abstand zu nehmen und z. B. auf die von mir zur Abgrenzung vorgeschlagenen Korkstücke [1]) zurückzukommen, die etwa 20 Stunden nach der letzten Futteraufnahme und 8 Stunden vor der Einführung der neuen Nahrung gereicht werden. Erst neuerdings habe ich [2]) davon wieder mit Vortheil Gebrauch gemacht, als es sich darum handelte, den Koth des hungernden Hundes gegen die voraufgehende und nachfolgende Fütterungsperiode abzugrenzen. Hier verbot sich die Abgrenzung durch Knochen von selbst, weil zur Ermittelung der Ausscheidung von Mineralstoffen beim Hungerhund auch der Hungerkoth auf Erdalkalien (Kalk, Magnesia) untersucht werden musste und die Beimischung der Erden aus den verfütterten Knochen diese Untersuchung unmöglich gemacht hätte.

Im 5. Abschnitt meiner „Beiträge" hatte ich auch die Frage von der

Fettbildung im Thierkörper

erörtert und darin u. A. gezeigt [3]), dass mein schon 1888 gethaner Ausspruch [4]), „dass die direkte Fettbildung aus Eiweiss [5]) im Körper der höheren Thiere als objektiv festgestellt nicht gelten kann", jetzt um so mehr zu Recht besteht, als die vielcitirten Bilanzversuche von Pettenkofer und Voit laut der kritischen Analyse von Pflüger [6]) nichts für die Fettbildung aus Eiweiss beweisen und auch die sonst angeführten Beweise (Bildung von Milchfett

1) Zeitschr. f. physiol. Chem. 2, 37; Virchow's Arch. 80, 45.

2) Dies Arch. 58, 323,

3) Ebenda, S. 365—367.

4) Berl. klin. Wochenschr. 1889, No. 9; nach einem im October 1888 gehaltenen Vortrag.

5) d. h. der direkte Uebergang von Eiweiss in Fett, wie ihn C. Voit proklamirt hat. Zuzugeben ist die indirekte Fettbildung aus Eiweiss durch die Zwischenstufe von Kohlehydraten (Glycogen) hindurch.

6) Dies Arch. 51, 229.

aus Eiweiss, Fettbildung bei der fettigen Degeneration), weil nicht eindeutig, für die Entscheidung der Frage keine Stütze liefern. Dem gegenüber hat Erwin Voit[1]) die direkte Fettbildung aus Eiweiss stützen zu können gemeint. Ein 23 kgr schwerer Hund erhielt mit 1500 gr (ausgewaschenem) Fleisch täglich 60 gr N und 197,4 gr C. Am 2. resp. 3. Tage der Fütterung schied er durch Harn und Koth 48,98 resp. 53,07 gr N aus, entsprechend 300 resp. 325 gr zerstörtes Eiweiss. In letzteren sind enthalten 161,14 resp. 174,6 gr C; in den Ausscheidungen erschienen aber nur 148,61 resp. 156,48 gr C, somit sind am 2. Tage 12,53, am 3. Tage 18,12 gr C, zusammen 30,65 gr C im Körper zurückgeblieben und als Glycogen oder Fett zum Ansatz gekommen. Da nun, sagt Voit, sich aus 30,7 gr C rund „134 gr Glycogen" bilden können, die Anhäufung so grosser Mengen Glycogen aber unwahrscheinlich sei, so hält Voit dieserhalb sowie auf Grund theoretischer Erwägungen es für wahrscheinlicher, dass der Kohlenstoff als Fett zum Ansatz gelangt ist. Dagegen habe ich schon eingewendet, „dass eine Aufstapelung von 134 gr Glycogen bei einem 23 kgr schweren Hunde noch als möglich anzusehen ist". Insbesonders für kurzdauernde Versuche ist der Schluss von C-Retention im Körper auf Fettbildung deshalb nicht zwingend, weil bei reichlicher Eiweisszufuhr (300—325 gr per Tag) nachweislich der Gehalt der Leber und der Muskeln an Glycogen zunimmt. Da die Leber etwa $^1/_{28}$ des Körpers, also bei einem 23 kgr schweren Hunde etwa 820 gr wiegt und rund 10 % an Glycogen aufspeichern kann, hier also 82 gr, blieben nur noch 52 gr Glycogen, deren Aufstapelung in der, 42 % des Körpers = 9,66 kgr betragenden Muskulatur einen Zuwachs des Muskelglycogens um $^1/_2$ % erfordern würde, was allenfalls noch in das Bereich des Möglichen gehört.

Ich hatte mich, wohl mit den meisten Fachgenossen, der Täuschung hingegeben, dass Voit's Zahl, 134 gr, richtig berechnet sei. Bei genauerer Nachrechnung habe ich indess gefunden, dass, gleichviel welche man für die richtige Formel des Glycogens hält, ob $5(C_6H_{10}O_5)+H_2O$ oder $6(C_6H_{10}O_5)+H_2O$, darin 43,5 bis 43,6 % C stecken, somit aus 30,65 gr im Körper zurückbehaltenen C nicht, wie Voit angiebt, 134 gr, sondern nur 69

1) Münchener med. Wochenschr. 1892, S. 460.

bis 70 gr Glycogen entstehen können[1]). Eine solch mässige Menge kann sich mit Leichtigkeit in der Leber allein ansammeln, ohne dass es der Muskeln als weiterer Reservoire bedarf. Mit der Aufdeckung dieser Fehlerquelle in der Berechnung ist aus dem Versuche von E. Voit erst recht nichts für (eine direkte) Fettbildung aus Eiweiss zu erschliessen.

In meinen kritischen Bemerkungen war die eingehendste Besprechung der Frage nach der Grösse des Nahrungsbedarfes, nach dem sog.

Kostmaass des Menschen[2])

gewidmet worden, einmal weil in Bezug darauf, wie mir schien, sich schon gleichsam eine Mythenbildung entwickelt hatte, sodass, von der Voit'schen Schule abgesehen, manche sonst sachverständige Forscher, ich nenne nur Hammarsten, an der von E. Voit aufgestellten Eiweissnorm von 118 gr für den „mittleren Arbeiter", wie an einer heiligen Zahl, festhalten, während ich selbst und mit mir viele Andere, ich nenne nur Bunge, Zuntz, Uffelmann, F. Hirschfeld, dieselbe als Mittelzahl entschieden zu hoch, jedenfalls nicht mehr als unumstössliches Dogma ansehen, sodann weil hauptsächlich auf diesen Punkt sich die thatsächlichen Ausstellungen bezogen, welche von Prausnitz gegen meine Darstellung der Ernährungslehre erhoben worden sind[3]). Insbesondere war mir vorgehalten worden, dass ich ohne genügende Begründung die Eiweissnorm von 118 gr verlassen und anstatt derselben die Zahlen 100 resp. 110 gr, und zwar mehr oder weniger willkürlich und inconsequent, adoptirt hätte.

Selbstverständlich kann man in einem Lehrbuch nicht jede Frage ab ovo behandeln; man muss sich darauf beschränken, unter Anführung der einschlägigen Literatur, wobei auch nicht alle Veröffentlichungen citirt zu werden brauchen, sondern nur diejenigen,

1) Demgemäss habe ich bereits in der im März 1895 erschienenen ersten Hälfte der 3. Auflage meines (mit Uffelmann-Ewald herausgegebenen) Handbuches der Ernährung bei der Diskussion der Fettbildung (S. 53) zu dem Versuche von E. Voit bemerkt „69—70 gr, nicht 134 gr, wie Voit irrthümlich berechnet".

2) Dies Arch. 58, 390—407.

3) Hygienische Rundschau 1894, Nr. 3.

welche der Verfasser bei kritischer Prüfung als bedeutsam und für die vorliegende Frage fördernd erachtet, die Schlüsse zu ziehen, die gleichsam als Lehrsätze gelten dürfen, bis die experimentelle oder kritische Unterlage derselben objektiv und nachhaltig erschüttert oder gar widerlegt ist.

Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes, und weil auf den nicht ganz Sachkundigen die Einwürfe von Prausnitz den Eindruck scheinbarer Berechtigung machen konnten, habe ich mich der Mühe unterzogen, auf fast 18 Druckseiten das gesammte, darüber vorliegende Material, unter wörtlicher Anführung derjenigen Stellen, auf die es dabei ankommt, kritisch zu beleuchten, und ich bin dabei zu dem, bisher von keiner Seite angegriffenen und, wie ich sogar überzeugt bin, gar nicht angreifbaren Resultate gelangt [1]), dass „die Nothwendigkeit einer täglichen Zufuhr von 118 gr Eiweiss (neben 56 gr Fett und 500 gr Kohlehydraten) für den erwachsenen, mittleren Arbeiter weit davon entfernt ist, wissenschaftlich sicher begründet zu sein und dass in den überwiegend meisten, vielleicht sogar in allen Fällen mit 100 gr Eiweiss neben obiger Ration N-freier Stoffe das stoffliche Gleichgewicht gewahrt wird".

Sodann fuhr ich fort: „Um für die Ernährungspraxis, bei der es sich, wie bei der Volksernährung, vorwiegend um weniger gut ausnützbare Vegetabilien handelt, auch diesem Umstande reichlich Rechnung zu tragen, kann man eine gewisse Breite des Eiweisssatzes zulassen und damit eine Eiweissration von 100—110 gr für den mittleren Arbeiter und den Soldaten in Garnison empfehlen. Aber auch diese Normen sind nicht als sklavisch zu befolgende zu erachten, gleichsam als stellten sie die unterste Grenze der überhaupt noch zulässigen Eiweisszufuhr vor, vielmehr kann für kürzere Dauer die Eiweisszufuhr sogar unter 100 gr absinken, wofern nur reichlich N-freie Stoffe genossen werden, ohne dass deshalb schon der Körperbestand und die Leistungsfähigkeit des so Ernährten bedroht zu sein braucht."

Eine ähnliche, nur kürzer gefasste Besprechung habe ich in unser Handbuch der Ernährung eingereiht (S. 208—210 der 3. Auflage).

Ich will die Fachgenossen nicht noch einmal mit dieser Frage ermüden. Man widerlege mir meine Schlussfolgerung, dass durch die

---

1) Dies Arch. 58, 396.

in der Literatur vorliegenden Beobachtungen und Erfahrungen der Beweis für die Nothwendigkeit einer Zufuhr von 118 gr Eiweiss für den „mittleren Arbeiter“ keineswegs erbracht ist; denn das der Norm angeblich zu Grunde liegende Material ist, weil von C. Voit noch nirgends eingehend veröffentlicht, nicht kontrollirbar. Andererseits beruhen die aus 1856 und 1865 stammenden Normen von Hildesheim und Playfair auf den, der damaligen Zeit entsprechenden, aber als wenig genau erkannten Berechnungen des Nährstoffgehaltes der Nahrungsmittel, und endlich stellen jene Normen nur die Nährstoffmengen dar, welche die untersuchten Individuen bei frei gewählter Kost zu sich genommen haben, nicht aber diejenigen, mit denen sie eben auskommen konnten. Deshalb, sagte ich, könne auch eine neuerliche Aeusserung von Prausnitz, „dass die Zahlen von Playfair, Hildesheim und C. Voit Mittelwerthe von Zahlen sind, die durch jahrelange Beobachtungen von Tausenden oder richtiger von Hunderttausenden von Personen gewonnen wurden“, der Wirklichkeit nicht entsprechen und bleibt, weil übertrieben, wissenschaftlich belanglos. Damit durfte ich als erwiesen erachten, dass ich in meiner Darstellung des mittleren Kostmasses, obwohl ich von C. Voit abgewichen bin, doch „das objektiv Richtige getroffen habe“.

Trotz aller dieser Beweisführung, von der nur zu befürchten war, dass sie für die Mehrzahl der Sachkundigen eher zu eingehend und erschöpfend gewesen sei, sieht sich Prausnitz neuestens zu einer Erklärung gedrängt [1]), „nachdem I. Munk mit dem ihm eigenen Geschick, ohne auf den Kernpunkt meiner Ausstellungen einzugehen, die von mir urgirten Punkte nur streift“.

Während nun jeder logisch Denkende meinen sollte, es handle sich um ausserordentlich schwere thatsächliche Versehen oder gar um absichtliche Verschweigung von Arbeiten, die meinen Schlussfolgerungen hinderlich sein könnten, wird einzig und allein folgende, offenbar mich zu vernichten bestimmte Erklärung abgegeben, die ich, um dem Leser nichts vorzuenthalten, wörtlich abdrucke, zugleich um sie niedriger zu hängen:

„Die von Prof. I. Munk auch in seinen jüngsten Arbeiten angeführte Dissertation von Hoch, Rostock 1888, welche von ihm so überaus geschickt zur Bekämpfung des wissenschaftlichen Gegners verwerthet wurde, ist, wie ich erwähnte, nicht vorhanden.

1) Hygien. Rundschau 1895, No. 14.

„Nach einer in meinen Händen befindlichen officiellen Erklärung des Sekretariats der Universität Rostock hat Hoch in Rostock nicht promovirt. Die von der Rostocker Behörde ausgesprochene Vermuthung, dass Hoch in Leipzig promovirt haben könne und seine Dissertation ungedruckt geblieben sei, hat sich als richtig herausgestellt. Ich überlasse nun dem Urtheil der Fachgenossen die Thatsache, dass Prof. I. Munk eine nicht gedruckte Arbeit als Beleg in wissenschaftlichen Controversen anführt und zwar derart, dass Jedermann annehmen muss, die fragliche Arbeit liege gedruckt vor, sodass man sich also über ihren Inhalt ein Urtheil bilden könnte."

Dieser vernichtende Vorwurf fällt, wie ich zeigen kann, in sein Nichts zusammen, und deshalb trage ich selbst zur Verbreitung der der Mehrzahl der Fachgenossen sonst unbekannt gebliebenen Erklärung von Prausnitz bei; hat derselbe doch gegen meine Beweisführung sonst nichts vorzubringen, als dass ich bei einem Autor ein irrthümliches Citat benutze. Aber auch dafür kann ich folgende einfache Erklärung geben.

Uffelmann hatte bereits in dem von ihm mit seltenem Fleiss bearbeiteten „Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen auf dem Gebiete der Hygiene" wiederholentlich hervorgehoben [1]), dass die Voit'sche Norm mit 118 gr Eiweiss als Mittelzahl entschieden zu hoch ist. Er veranlasste daher 1887/88 den Studirenden Hoch zum Zweck einer Inauguraldissertation in der eigenen, frei gewählten Kost, bei der Hoch sich auf seinem Gewicht erhielt und körperlich leistungsfähig war, eine Reihe von Tagen hindurch die täglichen Nährstoffmengen festzustellen und ebenso diejenigen eines sehr thätigen Steinhauers von 86 kgr Gewicht und endlich eines sehr beschäftigten Schuhmachers. Keines dieser 3 Kostmaasse ergab als Mittelzahl 118 gr Eiweiss, sondern nur 93—98—107,6, im Mittel knapp 100 gr Eiweiss. Dieses Resultat erschien ihm so bedeutsam, dass er, ein sorgfältiger und wahrheitsliebender Forscher, auch mir das Material unterbreitete. Damals (1888) hatte ich nichts Wesentliches gegen die Berechnungen und Schlussfolgerungen einzuwenden. Es sollte nun die Untersuchung, deren Resultate ich meiner privaten Notizensammlung einverleibte, in der Dissertation Hoch's veröffentlicht werden.

1) Vergl. Uffelmann's Jahresbericht für 1885, S. 59; 1886, S. 54; 1887, S. 56; 1888, S. 58.

Als ich nun in Uffelmann's Jahresbericht für 1888 (Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1889) S. 56 die Bemerkung fand:

„Mit dem Eiweissbedarf des Erwachsenen beschäftigten sich mehrere Autoren. Unter meiner (scil. Uffelmann's) Leitung ermittelte Hoch, dass er selbst, 25 Jahre alt, im Mittel pro Tag 107,6 gr Eiweiss, 77 gr Fett und 378 gr Kohlehydrate verbrauchte, während die Tagesration eines sehr thätigen Steinhauers von 86 kg Gewicht im Durchschnitt nur 93,3 gr Eiweiss, diejenige eines Schuhmachers 98 gr Eiweiss (bei 64 gr Fett und 460 gr Kohlehydrate) enthielt (Inauguraldissertation Dr. Hoch's)".

musste ich vollends annehmen, dass die Dissertation erschienen, durch einen Zufall aber nicht in meine Hände gelangt sei. Wenn nun jetzt Prausnitz die furchtbare Thatsache amtlich feststellt, dass die Dissertation Hoch's ungedruckt geblieben ist, so ist deshalb mein thatsächliches Citat nur insoweit ungenau, als ich vielmehr hätte sagen sollen „nach Uffelmann's Veröffentlichung in seinem Jahresbericht für Hygiene pro 1888, S. 56".

Auf letztere Quelle hatte ich im März 1894 Prausnitz brieflich hingewiesen, und es ist bei der hohen Wahrheitsliebe und der peinlichen Exaktheit, die er von Anderen in so beweglichen Worten fordert, einigermaassen befremdlich, dass er darüber hinweggeht, als kenne er, ein Hygieniker von Fach, den einzig vorhandenen hygienischen Jahresbericht nicht.

Jeder weiss, wie ab und zu Studirende ihre in einem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen, wenn es zur Veröffentlichung kommen soll, verschleppen, unter Umständen auch mit dem bisher gewonnenen Material auf Nimmerwiedersehen fortbleiben oder endlich solche Hochschulen vorziehen, an denen kein Zwang besteht, die im Manuskript vorgelegte und für ausreichend befundene Dissertation zum Zweck der Promotion zum Druck zu bringen. Da bleibt dem Laboratoriumsvorstand, wenn er die auf seine Veranlassung und unter seiner regsten Antheilnahme gemachte Arbeit überhaupt noch retten will, schliesslich nichts übrig, als die Resultate irgendwo festzulegen. Das hat auch Uffelmann gethan und die thatsächlichen Ergebnisse von Hoch's Untersuchung in seinem, als sorgfältigste Sammlung der hygienischen Literatur allgemein anerkannten Jahresbericht, wie oben wörtlich angeführt, kurz veröffentlicht. Ich selbst habe sie danach, wie auch bei Uffelmann angegeben, einfach als Rostocker Dissertation citirt.

Zu diesem furchtbaren Verbrechen, dessen Aufdeckung Praus-

nitz seiner eigenen Darstellung zufolge unter Aufgebot eines gewaltigen Apparates (Rostocker Universitätsbibliothek, Rostocker und Leipziger Universitätssekretariat) gelungen ist, bekenne ich mich voll und ganz, mit Bedauern, durch Uffelmann's Bemerkung (a. a. O.) zu dem Glauben verleitet zu sein, als wäre die Dissertation von Hoch, deren thatsächliches Material mir s. Z. originaliter vorgelegen, auch wirklich gedruckt worden, aber ohne bussfertige Reue. Um so mehr, als ich selbst gern bereit bin, auch das Beobachtungsmaterial von Hoch, als nicht ausführlich veröffentlicht und daher nicht kontrollirbar, einfach preiszugeben, ohne dass sich bei der Wucht der übrigen Beweisstücke in Bezug auf die von mir gezogenen Schlussfolgerungen auch nur das Mindeste ändert. Ich bin um so mehr dazu bereit, als die frei gewählte Kost der von Hoch geprüften 3 Individuen unter der üblichen Annahme von Mittelwerthen für die stoffliche Zusammensetzung der Lebensmittel berechnet worden ist, eine Methode, von der ich gezeigt habe [1]), dass die berechneten Werthe mindestens um 10, unter Umständen bis zu 50 % von den analytisch bestimmten abweichen können. Genau dieselben Bedenken treffen auch auf ähnliche Berechnungen von Prausnitz [2]) bezüglich der Kost der Haushaltungsschule und Menage der Krupp'schen Fabriken zu; ich habe schon früher dazu bemerkt [3]), dass „das von Prausnitz benutzte, rein rechnerische Verfahren sichere Resultate nicht wohl liefern kann“.

Schliesslich noch einige thatsächliche Bemerkungen zur Kennzeichnung der Situation! In den Jahren 1889—90 hat Prausnitz den Rubner'schen Ausnützungsversuch mit Kuhmilch mit demselben, nur ein wenig anders berechneten Resultate [4]) wiederholt, sodann, in Bestätigung des Strümpell'schen Ausnützungsversuches mit unzerquetschten Linsen, nur gefunden, dass auch unzerquetschte Bohnen [5]) in gleicher Weise d. h. sehr schlecht ausgenutzt werden, ferner bezüglich des zeitlichen Verlaufes der

1) Dies Arch. 58, 400 ff.

2) Arch. f. Hyg. 15, 387.

3) Virchow-Hirsch's Jahresberichte für 1892, I, 175; I. Munk (und Uffelmann-Ewald), Handbuch der Ernährung. 3. Aufl. S. 362.

4) Zeitschr. f. Biologie, 25, 533.

5) Ebenda, 26, 227.

Glycogenablagerung nach Zuckeraufnahme[1]) fast nur die bereits vom Külz'schen Laboratorium zuvor veröffentlichten Resultate bestätigt und in Bezug auf den Phlorisindiabetes[2]) (im Verein mit Moritz) nicht gerade Wesentliches, was über v. Mering's Befunde hinausging, ermittelt. Ueber alle diese Arbeiten habe ich, in Rücksicht darauf, dass sie dem C. Voit'schen Institute entstammen, eher zu ausführlich berichtet, als es die benutzte Methodik oder die gewonnenen Resultate erheischt hätten. Seit 1892 aber hat Prausnitz mehrere Untersuchungen veröffentlicht, gegen die ich als gewissenhafter sachkundiger Berichterstatter Stellung nehmen resp. deren Schlussfolgerungen ich beanstanden musste, um so mehr, als sie z. Th. zu meinen eigenen Studien nicht etwa durch die thatsächlich erhaltenen Ergebnisse, sondern nur durch die höchst eigenthümlichen, daraus gezogenen Schlüsse und Berechnungen in Gegensatz traten. Ich habe vorhin schon über seine Berechnung der Kost in den Krupp'schen Fabriken gesprochen und meine schweren Bedenken dagegen geltend gemacht. Dann hat Prausnitz aus der Prüfung des N-Umsatzes von 10 Menschen an den beiden ersten Hungertagen[3]) schliessen wollen, dass die N-Ausfuhr des 2. Tages die für den Hunger charakteristische sei. Aber sowohl bei unseren hungernden Cetti und Breithaupt[4]), als auch bei Succi[5]) war der N-Umsatz am 3. Hungertage höher als beim 2., theilweise auch am 1. Tage. Wo liegt da, fragte ich, das Charakteristische im N-Umsatz am 2. Hungertage[6])?

In einer anderen Untersuchung[7]) hat Prausnitz aus dem Umstande, dass auch bei verschiedenen Individuen der procentische N-Gehalt des Trockenkothes unter den wechselnden Ernährungsbedingungen nur wenig schwankt, während die Gesammtmenge des Koth-N je nach Qualität und Quantität der Kost bekanntlich eine sehr ungleiche ist, ohne Weiteres geschlossen, dass der Koth

1) Zeitschr. f. Biologie, **26**, 377.

2) Ebenda, **27**, 81.

3) Ebenda, **29**, 151.

4) Untersuchungen an 2 hungernden Menschen. Virchow's Arch. **131**, Supplement.

5) Luciani, Das Hungern. 1890.

6) Ausführlicher habe ich mich darüber in diesem Arch. **58**, 370 geäussert.

7) Arch. f. Hygiene **17**, 626.

zumeist „aus Darmsäften", nicht aber aus sog. Nahrungsresiduen besteht. Dazu bietet aber, sagte ich, der Umstand, dass nur innerhalb enger Grenzen der prozentische N-Gehalt des Trockenkothes schwankt, wie gross oder wie klein auch die Gesammtmenge des Koth-N ist, offenbar keine, auch nur im Entferntesten genügende Unterlage. Nunmehr scheint Prausnitz von der Berechtigung meines Einwandes selbst überzeugt zu sein, will er doch einer neueren Angabe zufolge[1]) seine Schlussfolgerungen „durch weitere Versuche stützen". Aus dem ebendaselbst mitgetheilten Befunde, dass der N-Gehalt des trockenen Brodes nur zwischen 2 und 2,41 %, derjenige des danach entleerten Trockenkothes nur zwischen 5,43 und 6,81 % schwankt, lässt sich keineswegs schliessen, dass hauptsächlich die Darmsäfte an der Kothbildung Theil nehmen; mit grösserem Rechte liesse sich aus den gleich geringen Schwankungen im Nahrungs- wie im Koth-N ableiten, dass letzterer hauptsächlich aus ersterem stammt. Ich könnte auch noch manche Bedenken gegen die Berechnungen der Krankenkost seitens Prausnitz anführen, doch will ich, da diese Frage sich nicht mehr auf rein physiologischem Boden bewegt, davon hier absehen.

Nachdem ich nun, wie eben gezeigt, zu den Untersuchungen und Berechnungen des Herrn Prausnitz sowohl im Virchow'-(Hirsch')schen Jahresbericht wie im Centralblatt für die medizinischen Wissenschaften zu so häufigen Malen hatte Stellung nehmen müssen, durfte ich mich selbst auf die allerstrengste Beurtheilung meiner eigenen Leistungen seitens Prausnitz gefasst machen. Ich habe mich darin nicht getäuscht. Mit um so grösserer Genugthuung darf ich nunmehr konstatiren, dass von allen Einwänden und Beanstandungen, die Prausnitz zu seinem Verdikt geführt haben, nur einer thatsächlich berechtigt war: ich hatte die bei Uffelmann gemachte, von ihm mir mitgetheilte und in seinem Jahresbericht als Inauguraldissertation erwähnte Arbeit von Hoch als in einer Dissertation veröffentlicht citirt, und diese Dissertation ist ungedruckt geblieben. Sapienti sat!

---

1) Zeitschr. f. Biologie, 30, 354.

Ueber das Vorkommen von Rhodankalium im Mundspeichel.

Notiz von

Immanuel Munk
in Berlin.

In ihren Studien über das Chlor und die Halogene im Thierkörper theilen M. Nencki und Schoumow-Simanowsky[1]) die bemerkenswerthe Erfahrung mit, dass bei ihren Magenfistelhunden, obwohl der Speichel durch eine Speiseröhrenfistel nach aussen geleitet wurde, also nicht in den Magen gelangen konnte, doch der Magensaft Rhodanwasserstoff (Sulfocyansäure) in geringer Menge enthielt. Die Ableitung des Speichels nach aussen hatte offenbar den Zweck, den Einwand auszuschalten, als stamme der nachweisbare Rhodanwasserstoff von dem im abgeschluckten Speichel enthaltenen Rhodankalium. Dass Nencki in der That diese Auffassung hegt, dafür dienen folgende Stellen seiner neuesten Mittheilung über das Vorkommen von Sulfocyansäure im Magensaft[2]) zum Belege: „Ich bemerke, dass in beiden Fällen der Magensaft speichelfrei war.“ Ferner „in 300 gr pankreatischen Saftes, nach der Methode von Pawlow von 2 verschiedenen Hunden gewonnen, war keine Sulfocyansäure nachweisbar, was um so bemerkenswerther ist, als der ebenfalls alkalisch reagirende Mundspeichel bekanntlich Rhodankali enthält[3]).“

Damit ist klar und deutlich gesagt, dass auch der Maulspeichel des Hundes Rhodankali enthält; und doch ist dem nicht

1) Arch. f. exper. Path. 1894. 34, 313.

2) Berichte d. deutsch. chem. Gesellsch. 28, 1318 (das betreffende Heft Nr. 10 wurde am 10. Juni 1895 ausgegeben.)

3) Im Orginal nicht gesperrt.

so, wie ich mich schon vor vielen Jahren überzeugt, aber nur beiläufig erwähnt habe. Der vom Menschen auf den Hund gezogene Analogieschluss trifft, wie in mancher anderen Hinsicht, so auch hier keineswegs zu. So sicher der Mundspeichel des Menschen fast ausnahmlos Rhodan enthält, ebenso sicher fehlt letzteres im Maulspeichel des Hundes.

In den Jahren 1879—85 hatte ich vielfach Gelegenheit, grössere Mengen Maulspeichel von Hunden aufzufangen. Bei den damals im physiologischen Laboratorium der hiesigen Thierarzneischule zahlreich ausgeführten Exstirpationsversuchen an der Hirnrinde kam es unter dem Einfluss der tiefen Morphiumnarcose zu reichlicher Absonderung von Speichel, der den in Bauchlage aufgebundenen Hunden aus dem schlaff herabhängenden Maul in zähen Tropfen ausfloss und in Portionen bis zu 40 ccm gesammelt werden konnte. Ebenso habe ich gelegentlich den nach Pilocarpineinspritzung beim Hunde reichlich abgeschiedenen Speichel gewinnen können. In keinem dieser Fälle war Rhodan nachweisbar. Um dem Einwand zu begegnen, der durch Morphin oder Pilocarpin entlockte Speichel sei vielleicht vom normalen Speichel verschieden, habe ich auch den Speichel aufgesammelt, der infolge nervöser Reflexwirkung zur Abscheidung kommt, wenn man nüchternen Hunden Fleisch vor die Nase bringt, ohne es ihnen zu geben. Auch in diesem Falle war es nicht möglich, den Nachweis von Rhodan zu führen.

Da der Hundespeichel Rhodan eventuell nur in Spuren enthalten konnte, wurde der gesammelte Speichel bei alkalischer Reaktion am Wasserbade auf etwa $^1/_5$—$^1/_4$ seines Volumens eingeengt, nach dem Abkühlen mit Salzsäure angesäuert und tropfenweise mit gelber Eisenchloridlösung versetzt. Niemals trat die geringste Rothfärbung auf. Zum noch schärferen Nachweise wurde der eingeengte und mit Salzsäure versetzte Speichel mit Aether ausgeschüttelt (Sulfocyansäure ist in Aether leicht löslich), die Aetherextrakte verdunstet, der minimale Rückstand mit wenig Wasser aufgenommen und mit Salzsäure angesäuert; auch hier bewirkte Zusatz von Eisenchlorid keine Spur von Rothfärbung.

Ich habe diesen Befund vom Fehlen des Rhodans im Maulspeichel des Hundes, den ich, wie schon erwähnt, bereits etwa 1880 gemacht hatte, bisher nicht einer besonderen Mittheilung

für werth erachtet und mich damit begnügt, denselben in meinem Lehrbuch der Physiologie [1]) einfach zu notiren. Da jedoch ein so bewährter physiologischer Chemiker, wie Nencki, in diesem Punkte einem Irrthum verfallen ist, erscheint mir die besondere Hervorhebung der Thatsache, dass in Bezug auf das Vorkommen von Rhodan im Maulspeichel des Hundes keine Analogie mit dem Menschen besteht, gerechtfertigt.

Wenn daher Nencki im Magensaft des Hundes Rhodanwasserstoff findet, so muss derselbe darin präformirt sein; es bedarf erst nicht der Ableitung des Maulspeichels durch eine Oesophagusfistel, um dem Einwand zu begegnen, das Rhodan entstamme dem abgeschluckten Speichel; denn letzterer ist eben frei von Rhodan.

Das Fehlen von Rhodan im Speichel ist übrigens keine Besonderheit des Hundes. Auch im Maulspeichel des Pferdes haben Ellenberger und Hofmeister [2]) Rhodan konstant vermisst.

---

1) Physiologie des Menschen und der Säugethiere. 2. Aufl. Berlin 1888, S. 115; 3. Aufl. 1892, S. 123.

2) Arch. f. wiss. und prakt. Thierheilkunde, 7, 265.

(Aus dem chemisch-mikroskopischen Laboratorium von Dr. Max und Dr. Adolf Jolles in Wien.)

Ueber den Nachweis von Urobilin im Harne.

Von

Dr. **Adolf Jolles**
in Wien.

Das Urobilin ist bekanntlich zuerst von Jaffé[1]) aus dem Fieberharne dargestellt worden. Doch auch im Harne gesunder Individuen fand Jaffé Urobilin und fasste daher das Urobilin als den normalen Farbstoff auf. Später stellte Maly[2]) durch Reduction von Bilirubin mit Natriumamalgam das Hydrobilirubin dar und bezeichnete dasselbe nach seinem chemischen und spectroskopischen Verhalten als identisch mit dem Urobilin Jaffé's. Nach Vierordt[3]) kommen im normalen Harne ausser Urobilin noch andere Farbstoffe vor, da die Spectra des Harnes und die der Lösungen von Urobilin in den einzelnen Abschnitten genauer auf ihre Lichtabsorption untersucht keine vollständige Uebereinstimmung zeigen.

Mac Munn[4]) trennte ein febriles und ein normales Urobilin, welche sich von einander durch ihr optisches Verhalten in spectraler Richtung unterscheiden. Die Thatsache, dass oft Harne, welche frisch kein Urobilin zeigen, beim Stehen an der Luft dunkler werden und dann den spectroskopischen Urobilinnachweis gestatten, führt Mac Munn darauf zurück, dass im Harne ein Chromogen enthalten sei, das sogenannte Urobilinogen, welches durch den

---

1) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1871, pag. 465; Virchow's Archiv 47, pag. 405.

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. 163, pag. 77.

3) Zeitschrift für Biologie, Bd. IX, S. 160.

4) Mac Munn, siehe: Hammarsten, Physiologische Chemie, S. 309, Verlag von Bergmann, Wiesbaden 1891 und Maly's Jahresberichte 20. 201. 1891.

Sauerstoff der Luft in Urobilin übergeführt wird. Mac Munn hat auch durch Einwirkung von Wasserstoffsuperoxyd auf eine Lösung von Haematin in schwefelsäurehaltigem Alkohol normales Urobilin dargestellt und daher auch ein aus dem Blutfarbstoffe stammendes Urobilin angenommen. Hoppe-Seyler[1]) erhielt Urobilin bei der Reduction von Haematin oder Haemoglobin mit Zinn und Salzsäure.

Le Nobel bezweifelte die Identität des Hydrobilirubins von Maly mit dem Urobilin Jaffé's, vermochte jedoch nicht derart wesentliche Abweichungen festzustellen, um den genetischen Unterschied beider Urobilinarten nachzuweisen.

Aus den angeführten Untersuchungen resultirt, dass man zwar die Identität des Hydrobilirubins von Maly mit dem Urobilin von Jaffe nicht anerkannte und auch versuchte, dieselben von einander zu unterscheiden, dass sich aber die aufgefundenen Unterschiede als nicht praktisch verwerthbar erwiesen, während anderseits die genetische Beziehung des im Harne auftretenden Urobilins zum Hauptfarbstoff der Galle, dem Bilirubin, nicht in Frage kommen konnte. Im Gegentheile, die nutzbare Verwerthung des Vorkommens von Urobilin in der klinischen Urologie hat eine immer zunehmende Bedeutung erlangt, nachdem man das Pigment namentlich bei Icterus und in Stauungsharnen gefunden hat und hervorragende Kliniker, wie Leube[2]), auch das Bestehen eines Urobilinicterus beobachtet haben, bei welchem der Urin kein Bilirubin, sondern nur Urobilin enthält. Auch Professor von Jaksch weist in seiner bekannten „klinischen Diagnostik" auf die grosse Bedeutung des Urobilin-Nachweises im Harne hin, indem die Urobilinurie nicht allein ein wichtiges Symptom einer Erkrankung der Leber sei, sondern auch bei einer Reihe von anderen Affectionen im Harne nachgewiesen werden kann.

In neuester Zeit hat A. Katz[3]) eine interessante Abhandlung über die klinische Bedeutung der Urobilinurie verfasst, in der Autor im Wesentlichen zu dem Ergebnisse gelangt, dass eine vermehrte Ausscheidung von Urobilin im Harne auf Stoffwechselveränderungen hindeutet, die in dem Parenchym der Leber ihren

---

1) Berichte der deutschen chem. Gesellsch. 7. 1065. 1874.

2) Maly's Jahresbericht 19, 432 (Referat) 1890.

3) A. Katz, Wiener medicinische Wochenschr. No. 28—32, 1891.

Ursprung nehmen und dass die Vermehrung der Urobilinausscheidung in jenen Fällen, wo sie constant und dauernd bleibt, auf eine dauernde Schädigung des Leberparenchyms hinweist.

Die grosse Bedeutung, welche vom klinischen Standpunkte dem Urobilinnachweis im Harne beigemessen wird, erscheint auch vom medizinisch-chemischen Standpunkte gerechtfertigt. Ich habe schon wiederholt Gelegenheit gehabt, zu beobachten, dass in Harnen mit geringem Gallenfarbstoff-, respective Bilirubingehalt zuweilen bei mehrtägigem Stehen an der Luft der Gallenfarbstoff absolut nicht mehr nachzuweisen war, statt dessen konnte ich spektroskopisch und auch chemisch nach dem nachstehend ausführlich beschriebenen Verfahren Urobilin mit Sicherheit nachweisen. Ueber eine spontane Zersetzung des Bilirubins hat bereits Salkowski [1]) berichtet, jedoch konnte Salkowski aus icterischen Harnen, bei welchen das Bilirubin allmählich verschwand, charakteristische Umwandlungsprodukte nicht isoliren. Die von mir beobachtete Umwandlung des Bilirubins in Urobilin dürfte vermuthlich auf im Harne vor sich gehende Reductionsprocesse zurückzuführen sein, analog der Reduction der Nitrate in Nitrite, welche durch den Lebensprocess gewisser im Harne vorkommender Bacterien hervorgerufen wird. Einen weiteren Beleg für die genetische Beziehung des Urobilins zu den Gallenfarbstoffen, respective zu dem Bilirubin bilden die Faeces.

Ich habe weit über 100 Faeces auf Gallenfarbstoffe untersucht, aber bis auf 3 Fälle fielen die charakteristischen Reactionen auf Bilirubin stets negativ aus, hingegen konnte ich stets die Anwesenheit von Urobilin constatiren. Zweifellos ist eine Hauptquelle des Urobilins in den Faeces der Gallenfarbstoff, respective das Bilirubin, welches im Darmkanal zu Hydrobilirubin (Urobilin) reducirt wird.

Ich führe diese Thatsache, welche in der Literatur schon mehrfach bekannt gegeben ist, aus dem Grunde besonders an, weil in den meisten Hand- und Lehrbüchern noch immer zum Nachweise von Gallenfarbstoffen in den Faeces die Probe von Gmelin respective andere charakteristische Proben für Bilirubin empfohlen sind.

Was den Nachweis des Urobilins — welches als identisch mit dem Hydrobilirubin Maly's an-

---

1) Zeitschrift für physiologische Chemie 12.

gesehen wird und als solches die diagnostische Bedeutung besitzt — im Harne betrifft, so basirt derselbe bekanntlich auf zwei charakteristischen Eigenschaften des Urobilins, auf der grünen Fluorescenz, wenn man den Harn mit Ammoniak stark alkalisch macht, filtrirt und zum Filtrat einige Tropfen Chlorzink hinzufügt und auf den charakteristischen, scharf begrenzten Absorptionsstreifen im grünen und blauen Theile des Spectrums zwischen den Frauenhofer'schen Linien b und F. Bei der grossen Bedeutung, welche dem Nachweise von Urobilin im Harne unter Umständen zukommt, ist es naturgemäss sehr wichtig, zu wissen, ob im Harne auch andere Farbstoffe auftreten, welche ebenfalls die erwähnten zwei charakteristischen Eigenschaften besitzen und wenn dieses der Fall ist, woher sind dann diese Farbstoffe abzuleiten, respective wie ist ihre Anwesenheit im Harne zu erklären und wie lassen sich dieselben vom pathologischen Urobilin differenziren.

Die Lösung dieser Fragen bildete schon längere Zeit den Gegenstand meines Studiums und ich möchte mir zunächst erlauben, über die Ergebnisse meiner Untersuchungen kurz zu berichten.

Ueberschichtet man einen icterischen Harn vorsichtig mit Salpetersäure, so tritt bekanntlich an der Berührungsstelle ein grüner Ring auf, dann in der nächstfolgenden tieferen Schicht Ringe von blauer, violetter, rother, brauner und gelber Farbe. Man hat sich nun vielfach bereits bemüht, die Zwischenprodukte der Oxydation des Bilirubins festzuhalten, ohne dass es jedoch bisher gelungen ist, hinreichend charakteristische Körper darzustellen. Maly[1]) war es vornehmlich, der die Oxydationsproducte näher studirte und vor allem das Endoxydationsproduct, welchem er den Namen „Choletelin" beilegte, in seiner Zusammensetzung festzustellen versuchte.

Ich habe diese Versuche nach einem anderen Verfahren wiederholt und bin zu Resultaten gelangt, welche von den Ergebnissen Maly's abweichen.

Ich erlaube mir diesbezüglich des näheren auf meine demnächst in den „Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften" erscheinende Abhandlung hinzuweisen und möchte

1) Sitzungsberichte der kais. Academie der Wissenschaften. Bd. 59. II. Abth. Aprilheft.

nur einige von mir festgestellte charakteristische Eigenschaften der Oxydationsproducte des Bilirubins bekannt geben.

Die grünen, blauen, violetten, rothen und braunen Oxydationsproducte lassen sich im Gegensatze zu dem höchsten Oxydationsproducte, welches nach meinen Untersuchungen eine andere Zusammensetzung besitzt, wie das Maly'sche „Choletelin", sowohl oxydiren als durch Zink und Salzsäure reduciren, sie zeigen alle Absorptionsspectra und haben die Eigenschaft, mit Ammoniak und Chlorzink eine grüne Fluorescenz zu zeigen. Nur das höchste Oxydationsproduct lässt ceteris paribus sich nicht weiter oxydiren, zeigt kein Absorptionsspectrum und giebt mit Ammoniak und Chlorzink keine Fluorescenz. Bezüglich des spectroskopischen Verhaltens der Oxydationsproducte des Bilirubins interessirt uns hier vor allem die Thatsache, dass die rothen und braunen Farbstoffe bei passender Verdünnung einen Absorptionsstreifen im grünen und blauen Theile des Spectrums, der über F hinausreicht, zeigen.

Die rothen und braunen Oxydationsproducte sind somit durch dieselben charakteristischen Eigenschaften ausgezeichnet, welche die Erkennung des Urobilins im Harne ermöglichen. Allerdings ist das Spectrum des von Maly dargestellten Urobilins nach beiden Seiten sehr scharf begrenzt, während das Spectrum der rothen und braunen Oxydationsproducte sowohl über F als E hinaus allmählich verläuft und nicht jene scharfe Begrenzung zwischen b und F erkennen lässt. Wenn wir jedoch erwägen, dass bei der spectroskopischen Untersuchung eines urobilinhaltigen Harnes die charakteristischen Absorptionsstreifen meistens nicht scharf begrenzt, sondern nach beiden Seiten allmählich verwischt erscheinen, so ist es zweifellos, dass die höheren Oxydationsproducte des Bilirubins die analogen Eigenschaften zeigen, wie das Maly'sche Urobilin, das Reductionsproduct des Bilirubins, welches im Harne häufig constatirt wird.

Nun habe ich ausser den Oxydationsproducten des Bilirubins auch die normalen Harnfarbstoffe zum Gegenstande meines Studiums gemacht und war hauptsächlich bemüht, die Zusammensetzung und die Eigenschaften des normalen Harnfarbstoffes zu studiren. Meine diesbezüglichen vorläufigen Ergebnisse werden demnächst an anderer Stelle in extenso erscheinen und erlaube ich mir hier nur in Kürze die Resultate dieser Arbeit bekannt zu geben.

Es ist mir zunächst gelungen, aus grösseren Mengen voll-

kommen normaler Harne mit normaler Färbung einen Farbstoff zu isoliren, welcher seinen Eigenschaften und seiner Zusammensetzung nach mit grösster Wahrscheinlichkeit als identisch mit dem höchsten Oxydationsproducte des Bilirubins angesehen werden kann. Durch diese Thatsache wäre somit der vom physiologisch-chemischen Standpunkte längst vermuthete Zusammenhang zwischen den Gallenfarbstoffen und den normalen Harnfarbstoffen erwiesen und wir wären im Stande durch eine unter bestimmten Verhältnissen hervorgerufene Oxydation aus Gallenfarbstoffen direkt den gelben Harnfarbstoff darzustellen. Ich war ferner bemüht, aus zahlreichen rothbraun, respective braun gefärbten concentrirten normalen Harnen, von welchen mir grössere Quantitäten zur Verfügung standen, den Farbstoff in jedem einzelnen Falle nach dem nachstehend ausführlich bekannt gegebenen Verfahren zu isoliren und dessen Eigenschaften festzustellen. Vorerst sei jedoch erwähnt, dass die zur Untersuchung gelangten Harne sämmtlich bei directer Beobachtung einen charakteristischen Absorptionsstreifen zwischen b und F erkennen liessen und Fluorescenz nach Alkalisirung mit Ammoniak und Hinzufügung von Chlorzink zeigten, also mit anderen Worten die zwei Eigenschaften des Urobilins, welche die Erkennung desselben im Harne ermöglichen. Die Isolirung und nähere Untersuchung der rothbraunen und braunen Farbstoffe aus den verschiedenen Harnproben lieferte das interessante Ergebniss, dass in fünf Fällen die isolirten Farbstoffe die analogen Eigenschaften zeigten, wie die rothbraunen und braunen Oxydationsproducte des Bilirubins. Hieraus geht die wichtige Thatsache hervor, dass zuweilen in Harnen Farbstoffe auftreten, welche mit grösster Wahrscheinlichkeit als identisch mit den höheren Oxydationsproducten des Bilirubins angesehen werden können, dass jedoch diese Farbstoffe auf Grund unserer bisher üblichen Proben zum Nachweis des Urobilins im Harne leicht für Urobilin-Farbstoffe, also für Reductionsproducte des Bilirubins (Hydrobilirubin) gehalten werden können.

Bevor ich auf diese Farbstoffe näher eingehe, will ich zunächst das hierbei benützte Darstellungsverfahren der Farbstoffe aus den diversen Harnen in Kürze anführen.

500 ccm Harn wurden mit basischem Bleiacetat versetzt. Der Niederschlag wurde abfiltrirt, mit destillirtem Wasser gewaschen, sammt dem Filter in einen Kolben gebracht und mit schwefelsäure-

haltigem Alkohol ($^2/_3$ Alkohol [96 %] und $^1/_3$ Schwefelsäure [10 %]) übergossen. Das Blei wurde als schwefelsaures Bleioxyd gefällt und der Farbstoff ging in Alkohol über. Der Niederschlag von schwefelsaurem Bleioxyd wurde abfiltrirt, der im Niederschlage noch vertheilte Farbstoff so lange ausgewaschen, bis der Niederschlag nicht mehr braun, respective rothbraun gefärbt erschien.

Das Filtrat enthielt den braunen, respective rothbraunen Farbstoff in Lösung, ferner freie Schwefelsäure, Essigsäure und anorganische Salze. Behufs Entfernung der freien Säuren wurde die alkoholische Lösung mit kohlensaurem Natron geschüttelt, bis die Lösung eine neutrale Reaction zeigte. Letztere wurde hierauf auf dem Wasserbade bis nahe zur Trockne eingedampft, der Rückstand dann in reinem Alkohol (96 %) aufgenommen, filtrirt und der Niederschlag solange mit Alkohol gewaschen, als noch Farbstoffe in Lösung gingen. Die alkoholische Lösung wurde auf dem Wasserbade eingedampft, der Rückstand mit Alkohol aufgenommen, filtrirt, das Filtrat wieder eingedampft und diese Operation so oft wiederholt, bis ein Rückstand erhalten wurde, der in Alkohol sich ohne Hinterlassung eines Niederschlages löste. Der Rückstand stellt eine braungelbe, amorphe, hygroscopische Masse dar, welche beim Verbrennen eine tief schwarze Kohle hinterlässt, die beim Glühen vollständig verbrennt. Der Farbstoff ist im Wasser, in Alkohol und Aether vollkommen löslich, in reinem Chloroform unlöslich, löslich in einem Gemisch von Chloroform und Alkohol. In Alkalien (Natronlauge, Kalilauge) ist der Farbstoff mit brauner Farbe löslich. Salzsäure und Schwefelsäure nehmen den Farbstoff nur theilweise auf. Die alkoholische Lösung zeigt spectroskopisch bei passender Verdünnung einen Absorptionsstreifen zwischen b und F, jedoch ist dieser Streifen bei mehreren nach oben beschriebener Weiße gewonnenen Farbstoffen nicht scharf begrenzt, sondern nach beiden Seiten unregelmässig verlaufend. Die verdünnte, ammoniakalische Lösung giebt nach Zusatz von Chlorzink in allen Fällen eine deutliche Fluorescenz. Wurden die diversen dargestellten Farbstoffe im Wasser gelöst und vorsichtig mit einigen Tropfen concentrirter Salpetersäure, welche etwas rauchende Salpetersäure enthielt, versetzt, dann trat in fünf Fällen eine Aufhellung der Lösung ein, d. h. der dunkle Farbstoff wurde gelb und zeigte dann sowohl in Lösung, als auch nach erfolgtem Eindampfen dasselbe Aussehen und dieselben Eigenschaften wie das

durch Salpetersäure zum höchsten Oxydationsproducte oxydirte Bilirubin. Auch durch Zusatz einer verdünnten Hübl'schen Jodlösung[1]) trat in den erwähnten 5 Fällen nach längerem Stehen eine Oxydation des Farbstoffes ein, wobei die ursprüngliche braune, respective braunrothe Farbe in allen 5 Fällen in eine hellgelbe übergeführt wurde.

Um die relative Oxydationsfähigkeit der Farbstoffe festzustellen, wurden je 0,04 gr der festen Farbstoffe in einer Stöpselflasche in einem Gemische von Chloroform und Alkohol (gleiche Theile) gelöst, mit 25 ccm $^1/_{100}$ norm. Hübl'scher Jodlösung versetzt und 24 Stunden stehen gelassen. In einer zweiten Stöpselflasche wurden 25 ccm $^1/_{100}$ norm. Hübl'scher Jodlösung behufs Titerstellung ebenfalls 24 Stunden stehen gelassen.

Hierauf wurden beide Lösungen unter Zusatz von Jodkalium mit 200 ccm destilirtem Wasser verdünnt und das überschüssige Jod mit Natriumthiosulfatlösung zurücktitrirt.

Zur Oxydation der gewonnenen 5 Farbstoffe in der Zeit von 24 Stunden wurden auf je 0,04 gr verbraucht: 0,008241 gr bis 1,010190 gr Jod entsprechend 0,000519 gr bis 0,0006427 gr Sauerstoff. Die nach der Oxydation mit Jodlösung erhaltenen Produkte zeigten die Eigenschaft, sich im Chloroform zu lösen, während vor dem Versetzen mit Jodlösung die Farbstoff-Rückstände in Chloroform unlöslich waren.

Wie schon erwähnt, waren die isolirten Farbstoffe in einem Gemisch von Chloroform und Alkohol löslich; wurde nun diese Lösung mit Wasser verdünnt, so konnte man nach einiger Zeit wahrnehmen, dass das Chloroform farblos wurde, während der Farbstoff in der wässerigen Lösung sich befand. Nach der Oxydation mit Jodlösung blieben jedoch die Farbstoffe in den erwähnten 5 Fällen im Chloroform gelöst. Wir haben nun letztere Lösungen zur Entfernung des eventuell überschüssigen Jods zuerst mit geringen Mengen von Natriumthiosulfat, dann mit dest. Wasser wiederholt in einem Schüttelcylinder geschüttelt, bis in dem dest. Wasser kein Natriumthiosulfat mehr nachgewiesen werden konnte, und die abgeschiedene Chloroformlösung eingedampft.

---

1) Es werden einerseits 25 gr Jod, andererseits 30 gr Quecksilberchlorid in je 500 ccm 95 procentigen fuselfreien Alkohols gelöst, letztere Lösung, wenn nöthig, filtrirt und sodann beide Lösungen vereinigt.

Um den Nachweis zu führen, dass bei dem Versetzen der Farbstoffe mit Jodlösung thatsächlich ein Oxydationsprocess und nicht etwa ein Additionsprocess vor sich gegangen ist, haben wir die diversen Rückstände auf Jod geprüft und zwar einerseits mit Kupferoxyd und anderseits nach Zerstörung der organischen Substanzen mit Aetzkalk in üblicher Weise. In beiden Fällen konnte kein Jod nachgewiesen werden.

Die in beschriebener Weise durch Jod oxydirten Farbstoffe erwiesen sich als identisch mit den durch Salpetersäure oxydirten Farbstoffen. Sie waren alle von hellgelber Farbe und zeigten nunmehr weder Fluorescenz noch ein characteristisches Spectrum. Dasselbe Verhalten zeigen aber auch die braunen und rothbraunen Oxydationsproducte des Bilirubins. Dieselben fluoresciren und zeigen nahezu dasselbe Spectrum wie die aus den Harnen in angegebener Weise gewonnenen Farbstoffe. Nach erfolgter Ueberführung in das Endproduct mit Jodlösung, respective mit Salpetersäure zeigen die hellgelben Lösungen weder ein Fluoresciren noch ein Spectrum.

Nach diesen Ergebnissen war es von Wichtigkeit, zu constatiren, wie sich das Reductionsproduct des Bilirubins, das Hydrobilirubin Maly's, gegenüber der Einwirkung von Hübl'scher Jodlösung und Salpetersäure verhält. Zu diesem Zwecke haben wir mit dem nach Maly's Vorschrift dargestellten reinen Urobilin zahlreiche einschlägige Versuche durchgeführt, die zunächst ergeben haben, dass reines Urobilin durch Hübl'sche Jodlösung nicht oxydirt wird.

Ich erlaube mir von den zahlreich durchgeführten Analysen eine Beleganalyse anzuführen:

In einer gut schliessenden Flasche wurden 0,0113 gr Urobilin in einer Mischung, bestehend aus gleichen Theilen Alkohol und Chloroform gelöst mit 25 ccm Hübl'scher Jodlösung versetzt und 12 Stunden stehen gelassen. In einer zweiten Flasche wurden 25 ccm Hübl'scher Jodlösung allein behufs Titerstellung ebenso lange stehen gelassen. Obige Lösungen wurden dann mit Jodkalium versetzt, mit Wasser verdünnt und mit Natriumthiosulphat titrirt.

Für den Titer wurden verbraucht	36,47	ccm $N_2S_2O_8$
Zurücktitrirt	36,46	„ „
Differenz	0,01	ccm $N_2S_2O_8$

Wir sehen also, dass ein Jodverbrauch nicht stattgefunden hat und dass somit das reine Urobilin unter den angegebenen Verhältnissen weder oxydationsfähig, noch fähig ist Jod zu addiren oder zu substituiren. Auch durch Einwirkung von Salpetersäure konnte ceteris paribus eine Oxydation des reinen Urobilins nicht wahrgenommen werden, wie auch die Fluorescenz und das Spectrum nach dem Zusatze der Salpetersäure keine Aenderung zeigten.

Ausser mit dem reinen Urobilin haben wir die gleichen Versuche mit den aus urobilinreichen Harnen isolirten Farbstoffen angestellt, nachdem wir uns von der Identität der diversen isolirten Farbstoffe mit dem eigentlichen Urobilin, dem Reductionsproducte des Bilirubins, sowohl spectroskopisch als chemisch überzeugten. Diese Versuche waren aus dem Grunde erforderlich, weil ja bekanntlich zahlreiche in Se- und Excreten vorkommende Substanzen häufig andere Eigenschaften an den Tag legen, sobald sie nach mehr oder minder complicirten Methoden rein dargestellt werden. Dieses Verhalten findet sich übrigens bekanntlich auch bei einfachen anorganischen Körpern wie z. B. beim Zinnpulver, indem sie je nach den bei ihrer Herstellung obwaltenden Bedingungen sehr verschiedene Eigenschaften zeigen.

Die aus diversen urobilinreichen Harnen isolirten Farbstoffe zeigten stets das characteristische scharf begrenzte Absorptionsspectrum und mit Ammoniak und Chlorzink eine grüne Fluorescenz.

Durch Behandlung mit Jodlösung konnte in keinem Falle eine Veränderung wahrgenommen werden, die Farbstoffe zeigten das gleiche Verhalten wie vor dem Zusatze der Jodlösung. Die gleichen Versuche mit concentrirter Salpetersäure durchgeführt, lieferten das interessante Ergebniss, dass analog den verschiedenen Oxydationsproducten des Bilirubins auch verschiedene Reductionsproducte des Bilirubins im Harne auftreten dürften. Wir erhielten nämlich aus den diversen roth-, rothbraun- und braungefärbten urobilinreichen Harnen annähernd entsprechend gefärbte Farbstoffe, und in solchen Fällen, wo der isolirte Farbstoff characteristische rothe bis granatrothe Farbe zeigte, konnte durch Zusatz von concentrirter Salpetersäure ceteris paribus keine Veränderung wahrgenommen werden. Hingegen konnte nach vorsichtigem Zusatz der concentrirten Salpetersäure zu den braunen und rothbraunen Farbstoffen deutlich das Auftreten des rothen bis granatrothen Farbstoffes beobachtet

werden. Vermuthlich wurden hierbei die sauerstoffärmeren Chromogene des Urobilins oxydirt und in die eigentlichen Urobiline übergeführt. In jedem Falle resultirte nach Zusatz der Salpetersäure zu dem isolirten Urobilin der characteristische rothe Urobilinfarbstoff, welcher das Spectrum und die Fluorescenz in ausgezeichneter Weise zeigte.

Aus Obigem resultirt somit die wichtige Thatsache, dass die eigentlichen Urobiline, die Reductionsproducte des Bilirubins, welche richtiger als „pathologische Urobiline" zu bezeichnen sind, sich wesentlich von jenen im Harne vorkommenden Urobilinarten unterscheiden, welche sich in ihren Eigenschaften mit den höheren Oxydationsproducten des Bilirubins identificiren lassen.

Für letztere Farbstoffe erlaube ich mir die Bezeichnung „physiologische Urobiline" vorzuschlagen. Als Urobiline bezeichne ich sie deshalb, weil sie bei directer Untersuchung der Harne die characteristischen Reactionen der pathologischen Urobiline zeigen. Das Wörtchen „physiologisch" soll den Zusammenhang dieser Urobiline mit dem Harnfarbstoffe andeuten. Denn wie ich bereits hervorgehoben habe, lassen meine an anderer Stelle publicirten Untersuchungsergebnisse den Schluss zu, dass der normale Harnfarbstoff mit grösster Wahrscheinlichkeit als identisch mit dem höchsten Oxydationsproducte des Bilirubins angesehen werden kann. Nun kommen im Harne, wie wir gesehen haben, zuweilen auch Farbstoffe vor, die sich analog den höheren Oxydationsproducten des Bilirubins verhalten, oder mit anderen Worten Farbstoffe, deren wesentlicher Unterschied von dem normalen Farbstoffe der Sauerstoffgehalt sein dürfte, und auch dieser ist anscheinend gering, da die rothbraunen, braunen und gelben Oxydationsproducte nahe bei einander liegen. Diese Farbstoffe wären somit in die Reihe der unvollständig oxydirten normalen Harnfarbstoffe einzureihen und glaube ich, dass dieselben mit der Bezeichnung „physiologische Urobiline" genügend characterisirt sind.

In die Reihe der „physiologischen Urobiline" gehört vermuthlich auch der Farbstoff, welcher beim Stehen normal gefärbter Harne an der Luft auftritt und sich durch das mehr oder weniger starke Nachdunkeln der Harne bemerkbar macht, wobei dann meistens ein nicht besonders scharfes Absorptionsspectrum zwischen b und F wahrgenommen werden kann.

Zu dieser Annahme leitet mich nachstehende Beobachtung: Bei der Oxydation des Bilirubins entsteht bekanntlich gegen den Schluss des Oxydationsprocesses der rothe, dann der braune und zuletzt der gelbe Farbstoff. Der rothe Farbstoff zeigt, wie schon erwähnt, ein Urobilinspectrum, dessen Intensität naturgemäss mit dem Grade der Verdünnung des Farbstoffes abnimmt. Bei einem gewissen Verdünnungsgrade lässt sich ein Absorptionsstreifen überhaupt nicht mehr wahrnehmen. Wird nun eine derartige den rothen Farbstoff in Spuren enthaltende Lösung an der Luft stehen gelassen, dann kann man nach einiger Zeit die Beobachtung machen, dass die Lösung etwas nachgedunkelt hat, einen braunen Stich im Farbentone und ein schwaches Absorptionsspectrum zwischen b und F zeigt.

Diese Erscheinungen sind auf die Oxydation des in Spuren vorhandenen rothen Farbstoffes zurückzuführen; indem das ceteris paribus auftretende braune Oxydationsproduct schärfer wahrnehmbar wird, als die entsprechende Menge des rothen Farbstoffes. Nachdem nun die rothen, braunen und gelben Oxydationsproducte sich, wie schon erwähnt, nur bezüglich des geringen Sauerstoffgehaltes untereinander unterscheiden, und auch die zuweilen in Harnen vorkommenden Harnfarbstoffe, welche wir als „physiologische Urobiline“ bezeichnet haben, ihrem analogen Verhalten nach, nur bezüglich des geringen Sauerstoffgehaltes sich unterscheiden dürften, beide Farbstoffreihen sich jedoch in den normalen Harnfarbstoff überführen lassen, so ist die Annahme sehr naheliegend, dass in frisch entleerten blassgelben Harnen, welche keine Spur eines Absorptionsspectrums zeigen, doch Spuren unvollständig oxydirter Harnfarbstoffe vorkommen. Enthält nun ein solcher Harn Spuren des rothen Oxydationsproductes, so sind dieselben im frischen Harne nicht wahrnehmbar. Ist aber der Harn einige Zeit der Luft ausgesetzt, dann tritt durch Oxydation die entsprechende Menge des braunen Oxydationsproductes auf, die sowohl in dem Nachdunkeln des Harnes, als in dem Auftreten des Spectrums wahrnehmbar wird.

Allerdings bedarf obige Aufklärung bezüglich der Ursache des Nachdunkelns normaler Harne noch einer eingehenden Bestätigung durch die Analyse und behalte ich mir vor, mich mit diesem Gegenstande noch näher zu beschäftigen.

Aus den bisher bekannt gegebenen Versuchsergebnissen geht

in jedem Falle die eine Thatsache mit Sicherheit hervor, dass in Harnen zuweilen Urobilinarten vorkommen, welche ein analoges chemisches Verhalten zeigen, wie die höheren Oxydationsproducte des Bilirubins.

Diese „physiologischen Urobiline" sind schon ihrer Natur nach wesentlich verschieden von den „pathologischen Urobilinen", den Reductionsproducten des Bilirubins.

Beide Urobilinarten zeigen aber bei directer Untersuchung des Harnes ohne weitere Vorbereitungen — wie die diesbezügliche Vorschrift in den meisten einschlägigen Handbüchern lautet — jene characteristischen Eigenschaften, welche die Erkennung des pathologischen Urobilins ermöglichen: Die grüne Fluorescenz und das optische Verhalten. Somit ist es vollkommen begreiflich, dass ein „physiologisches Urobilin" leicht für ein „pathologisches" angesehen werden kann, was in Anbetracht der Bedeutung, welche der Anwesenheit des pathologischen Urobilins im Harne unter Umständen beigemessen wird, zu falschen diagnostischen Schlussfolgerungen Anlass geben kann. Eine Differenzirung dieser beiden Urobilinarten im Harne ist somit nicht allein vom chemischen, sondern auch vom diagnostischen Standpunkte sehr wichtig.

Wie ich bereits nachgewiesen habe, sind beide Urobilinarten dadurch wesentlich zu unterscheiden, dass die „physiologischen Urobiline" nach erfolgter Oxydation mit einer Hübl'schen Jodlösung oder Salpetersäure weder Fluorescenz noch ein eigenartiges Spectrum zeigen, während die pathologischen Urobiline nach der gleichen Behandlung weder in ihrem optischen Verhalten, noch in ihrer Fluorescenz eine Veränderung aufweisen.

Allerdings ist das in extenso beschriebene Verfahren der vollständigen Isolirung der betreffenden Farbstoffe etwas complicirt und langwierig. — Es lässt sich aber auch das pathologische Urobilin nach einem einfacheren Verfahren identificiren. Dasselbe beruht darauf, dass das pathologische Urobilin im isolirten Zustande bekanntlich einen scharf begrenzten Absorptionsstreifen zwischen b und F erkennen lässt, während die normalen Urobiline einen nach beiden Seiten unregelmässig verlaufenden Absorptionsstreifen zwischen dem grünen und blauen Theil des Spectrums zeigen.

Ferner tritt das pathologische Urobilin im Harne entweder in Form des characteristischen rothen Farbstoffes auf, welcher na-

mentlich im isolirten Zustande scharf sichtbar wird, oder in Form eines braunen bis braunrothen Chromogens, welches nach erfolgter Isolirung durch Zusatz einiger Tropfen concentrirter Salpetersäure die characteristische rothe Farbe annimmt. Zum Nachweise des pathologischen Urobilins im Harne ist es nun unbedingt nothwendig, dasselbe möglichst vollständig aus dem Harne zu isoliren, um dann dessen characteristische Eigenschaften mit Sicherheit feststellen zu können.

Auf Grund zahlreicher vergleichender Versuche erlaube ich mir nachstehendes empfindliches Verfahren zum Nachweise des pathologischen Urobilins im Harne zu empfehlen:

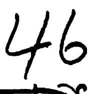
In einem mit einem Glasstöpsel versehenen Glascylinder fügt man zu 50 ccm Harn 5 ccm einer verdünnten frisch bereiteten Kalkmilchlösung und 10 ccm Chloroform hinzu und schüttelt das ganze mehrere Minuten kräftig durch. Alsdann lässt man den Cylinder einige Minuten stehen, wobei sich das Chloroform und der Niederschlag zu Boden setzen. Letztere lässt man in eine kleine Porzellanschale abfliessen, dampft auf dem Wasserbade zur Trockne ein, verreibt den Rückstand mit circa 5 ccm verdünntem Alkohol (circa 30 Vol. %) unter Zusatz einiger Tropfen concentrirter Salpetersäure und filtrirt. Bei Gegenwart von pathologischem Urobilin erscheint das Filtrat braunroth bis granatroth, zeigt bei passender Verdünnung das characteristische scharf begrenzte Spectrum zwischen den Frauenhofer'schen Linien b und F und zwar näher an F, und grüne Fluorescenz der ammoniakalischen mit Chlorzink versetzten Lösung. Schüttelt man einen Theil des Filtrats mit Amylalkohol, so nimmt letzterer den Farbstoff auf und zeigt ebenfalls das sehr scharf begrenzte Absorptionsspectrum.

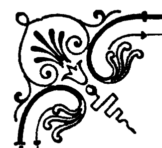
Als Quellen der pathologischen Urobiline in den Harnen haben wir zweifellos meistens die Gallenfarbstoffe, vor allem das Bilirubin anzusehen, welches im Darmkanal zu Hydrobilirubin reducirt wird. Wahrscheinlich kann das Urobilin auch direct aus dem Blutfarbstoffe durch Reduction enstehen; so habe ich mehrere Fälle zu beobachten Gelegenheit gehabt, wo trübe, bacterienreiche Harne mit geringem Blutgehalt, welcher sich auch spectroskopisch noch nachweisen liess, nach mehrtägigem Stehen an der Luft das Blutspectrum nicht mehr zeigten, hingegen ein Urobilinspectrum wahrnehmen liessen.

Mit dieser Beobachtung steht die Angabe im Einklange, dass

während der Resorption grösserer Blutextravasate beim Auftreten von Methämoglobin im Blutplasma und bei solchen Krankheiten, welche mit einer Zerstörung von rothen Blutkörperchen einhergehen, das Auftreten von Urobilin im Harne wahrgenommen wurde; es ist daher die Annahme des Vorkommens eines aus dem Blutfarbstoffe oder dessen eisenfreien Spaltungsproducten entstehenden Urobilins zulässig. Die nähere Bestimmung dieses Urobilins bleibe einer späteren Arbeit vorbehalten.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.





ARCHIV

FÜR DIE GESAMMTE

PHYSIOLOGIE

DES MENSCHEN UND DER THIERE.

HERAUSGEGEBEN

VON

D^R. E. F. W. PFLÜGER,

ORD. ÖFFENTL. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT

UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTES ZU BONN.

B. P. L.
Rec'd JUL 12 1895
P.M.

* 37.60a.50

13.61

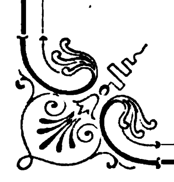
EINUNDSECHSZIGSTER BAND.

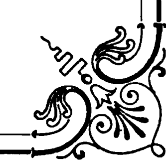
ERSTES, ZWEITES UND DRITTES HEFT.

MIT 4 TAFELN UND 18 HOLZSCHNITTEN.

BONN, 1895.

VERLAG VON EMIL STRAUSS.





Ausgegeben am 24. Juni.

Inhalt.

Seite

Interferenz-Versuche mit Vocalklängen. Von E. Sauberschwarz, approb. Arzt aus Lorch. Mit 2 Textfiguren. (Aus dem physiologischen Institut in Tübingen.) . . 1

Zur Darstelluug des Glycogens. Von Dr. Huizinga. (Aus dem physiologischen Laboratorium zu Groningen.) . 32

Untersuchungen über den Lungenvagus. Von Dr. Heinr. Boruttau, Assistenten und Privatdozenten. (Hierzu Tafel I, II und III.) (Aus dem physiologischen Institut in Göttingen.) 39

Weitere Untersuchungen über den Einfluss der Spannung auf den Zuckungsverlauf. Von Dr. Fr. Schenck. Mit 12 Abbildungen. (Aus dem physiologischen Institut zu Würzburg.) 77

Ueber angebliche Blaublindheit der Zapfen-Sehzellen. Von Ewald Hering, Professor an der deutschen Universität Prag 106

Ueber das angebliche Hören labyrinthloser Tauben. Von J. Bernstein in Halle a. S. (Nach Versuchen, welche gemeinsam mit Herrn Dr. Fr. Matte angestellt sind.) 113

Ueber den Farbenwechsel des Chamaeleons und einiger anderer Reptilien. Von Robert Keller. (Aus dem physiologischen Institut zu Jena.) Hierzu Tafel IV und 4 Textfiguren 123

Die Herren Mitarbeiter
erhalten pro Druckbogen 30 M. Honorar
und 40 Sonderabzüge gratis.

Zusendungen für die Redaction sind, um Verwechselungen zu vermeiden, zu addressiren:

Herrn Professor Dr. E. Pflüger,
Bonn, **Nussallee 172.**

Im gleichen Verlage erschienen:

Carneri, B., **Der moderne Mensch.** Versuche über Lebensführung. kl. 8°. 3. Auflage. 1893. Preis geh. M. 3.—, geb. M. 3.60.

Carneri, B., **Empfindung und Bewusstsein.** Monistische Bedenken. 8°. 1893. Preis M. 1.—.

Haeckel, Ernst, **Der Monismus als Band zwischen Religion und Wissenschaft.** Glaubensbekenntnis eines Naturforschers, vorgetragen am 9. Oktober 1892 in Altenburg beim 75jährigen Jubiläum der Naturforschenden Gesellschaft des Osterlandes. 8°. 5. Auflage. 1893. Preis geh. M. 1.60.

Hertz, Heinrich, **Ueber die Beziehungen zwischen Licht und Elektricität.** Ein Vortrag, gehalten bei der 62. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte in Heidelberg. 9. Auflage. 8°. 1890. Preis M. 1.—.

Forel, August, **Gehirn und Seele.** Ein Vortrag, gehalten bei der 66. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wien am 26. September 1894. 1894. Preis M. 1.—.

Jolles, Dr. Adolph, **Ueber Margarin.** Eine hygienische Studie. Vortrag, gehalten in der VII. Sektion des internationalen hygienischen Congresses in Budapest, Septbr. 1894. 8°. geh. 30 S. Preis M. 1.—.

Besser, Leopold, **Das der Menschheit Gemeinsame.** Auch eine christlich-sociale Studie. Mit dem Anhang: „Ist die Welt Schein oder Wirklichkeit". M. 2.—.

Stutzer, Dr. A., **Die Milch als Kindernahrung,** und Vorschläge zu einer neuen, den Forderungen der Hygiene und der Volkswirthschaft besser entsprechenden Verkaufsweise der Milch. Vortrag, gehalten in der 25. Generalversammlung des Niederrheinischen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege. Mit 7 Abbildungen. Preis M. 1.—.

Centralblatt **für allgemeine Gesundheitspflege.** Herausgegeben von Dr. Finkelnburg, Geh. Reg.-Rath, Dr. Lent, Geh. San.-Rath in Köln und Dr. Wolffberg, Kgl. Kreisphysikus in Tilsit. Jährlich erscheinen 12 Hefte 8° mit zahlreichen Abbildungen und Tafeln. Abonnementspreis M. 10.— pro anno.

Universitäts-Buchdruckerei von Carl Georgi in Bonn.

SEP 1967
WESBY





